BAND 28, HEFT 2 DEZEMBER 1956

PHYTOPATHOLOGISCHE ZEITSCHRIFT

Begründet von Prof. Dr. E. Schaffnit

Unter Mitwirkung von

Prof. Dr. E. Baldacci, Mailand / Prof. Dr. H. Braun, Bonn / Prof. Dr. W. B. Brierley, Keswick-Cumberland / Prof. Dr. T. Hemmi, Kyoto / Oberreg.-Rat i. R. Dr. E. Köhler, Braunschweig / Prof. Dr. K. O. Müller, Canberra / Prof. Dr. H. M. Quanjer, Wageningen Prof. Dr. Tr. Savulescu, Bukarest / Prof. Dr. E. C. Stakman, St. Paul

herausgegeben von den Professoren

E. Gäumann Zürich

M. Klinkowski Aschersleben

H. Richter Berlin-Dahlem

Mit 49 Abbildungen

1956

PAUL PAREY IN BERLIN UND HAMBURG

Phytopath. Z. Bd. 28 **Heft 2** *S. 113—236 Berlin 1956*

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE 7 JAN 1957

INHALT

Abhandlungen

NIEMANN, E., Taxonomie und Keimungsphysiologie der *Tilletia*-Arten von Getreide und Wildgräsern. Mit 18 Abb. 113

COSTA, A. S., Anthocyanosis, a Virus Disease of Cotton in Brazil. With 2 plates (9 figures) 167

SÖRGEL, G., Vergleichende Untersuchungen über die Konidienkeimung von *Mycosphaerella pinodes* (Berk. et Blox.) Stone, *Ascochyta pisi* Lib. und *Ascochyta pinodella* Jones in Abhängigkeit von der Temperatur. Mit 14 Abb. 187

HEIN, A., Beiträge zur Kenntnis der Viruskrankheiten an Unkräutern. I. Das *Malva*-Virus. Mit 8 Abb. 205

Besprechungen 235

Manuskripte: In deutscher, englischer, französischer oder italienischer Sprache abgefaßte Originalarbeiten werden druckfertig und möglichst in Schreibmaschinenschrift erbeten. Aufnahme von Tabellen und Abbildungen unterliegt jeweils vorheriger Vereinbarung.
„Kurze Mitteilungen" sind solche Veröffentlichungen in den vorerwähnten Sprachen, die im allgemeinen einen Umfang von vier Druckseiten nicht übersteigen. Sie erscheinen möglichst schon im nächsten Heft.
Die „Besprechungen" erscheinen nur in deutscher Sprache.

Herausgeber: Prof. Dr. E. Gäumann, Zürich 6, Universitätsstraße 2, Prof. Dr. M. Klinkowski, Aschersleben, Ermslebener Str. 52, und Prof. Dr. H. Richter, Berlin-Dahlem, Königin-Luise-Str. 19.
Zusendung der Manuskripte von Originalarbeiten und „Kurzen Mitteilungen" entweder an den Verlag Paul Parey, Berlin SW 68, Lindenstraße 44/47, oder an einen der drei Herausgeber.
Zusendung der „Besprechungen" unmittelbar an Prof. Richter, Berlin-Dahlem. Soweit nicht eine Aufforderung der Herausgeber zur Besprechung bestimmter Arbeiten ergangen ist, empfiehlt es sich, Prof. Richter vorher von der Absicht der Besprechung zu verständigen.

Honorierung: Das Mitarbeiterhonorar für Originalarbeiten und „Kurze Mitteilungen" beträgt 32,— DM je Druckbogen von 16 Seiten. Bei Beiträgen von mehr als drei Bogen werden nur die ersten drei Bogen honoriert; Dissertationen und Buchbesprechungen sind honorarfrei.

Sonderdrucke: Jeder Mitarbeiter erhält unberechnet 20 Sonderdrucke seines Beitrages (Originalarbeiten und Kurze Mitteilungen). Mehrbedarf gegen Berechnung.

Erscheinungsweise: Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge. Jährlich erscheinen etwa 10—12 Hefte, von denen 4 einen Band bilden. Jeder Band enthält etwa 30 Druckbogen.

Bezugsbedingungen: Der Preis des Bandes richtet sich nach dem Umfang. Er beträgt je Druckbogen von 16 Seiten etwa 3,— DM. Die Hefte sind auch einzeln käuflich. Das Abonnement verpflichtet zum Bezug eines ganzen Bandes. Es verlängert sich jeweils, falls nicht spätestens unverzüglich nach Eingang der letzten Lieferung des berechneten Bandes Abbestellung erfolgt.

Abonnementspreis dieses Heftes 24,— DM **Einzelpreis 26,40 DM**

Aus der Biologischen Bundesanstalt, Institut für Getreide-, Ölfrucht- und Futterpflanzenbau, Kiel-Kitzeberg

Taxonomie und Keimungsphysiologie der *Tilletia*-Arten von Getreide und Wildgräsern[1])

Von

E. Niemann

Mit 18 Abbildungen

I. Einleitung

Seitdem der Weizenzwergsteinbrand im Jahre 1935 von Young (92) erstmalig in den USA beobachtet wurde, ist die Diskussion über die systematische Zugehörigkeit und Herkunft dieser, in einigen Gebieten Nordamerikas und Mitteleuropas inzwischen zu einer ernsten Gefahr für den Weizenanbau gewordenen *Tilletia*-Form nicht verstummt.

Wagner (86) sieht ihn als Unterform (*T. tritici nanifica*) von *T. tritici* (*T. caries*) an, Young (92) und Holton (36) betrachten ihn als Varietät oder Rasse, während Warmbrunn (88) ihn als eigene Art auffaßt, diese Frage jedoch vorerst noch offen läßt. Auf Grund der sehr ausgeprägten, über die Leisten hinausragenden Schleimschicht um die Sporen, welche beim gewöhnlichen Steinbrand fehlt, und der hohen Leisten trennt Fischer (19, 20) den Zwergsteinbrand vom gewöhnlichen Weizensteinbrand und bezeichnet ihn als neue Art *T. brevifaciens* G. W. Fischer. Diese Art tritt auch auf verschiedenen *Agropyron*-Arten in Nordamerika auf. Conners (14) konnte neuerdings zeigen, daß auch bei der von Kühn 1874 (50) auf mitteleuropäischen *Agropyron*-Arten beschriebenen *T. controversa* eine gleiche Sporenform und Schleimhülle wie beim Weizenzwergsteinbrand vorkommt, so daß die Bezeichnung *T. brevifaciens* G. W. Fischer zugunsten *T. controversa* Kühn zu streichen wäre.

Bereits Gassner (25) wies für die von ihm in der Türkei gesammelten Herkünfte von *T. caries* darauf hin, daß einige davon eine starke Schleimschicht, von ihm als „Sporenmembran" bezeichnet, sowie sehr hohe Netzleisten besitzen. Es ergab sich daher die Frage, ob auch in der Türkei der

[1]) Dem Andenken G. Gassners gewidmet.

Weizenzwergsteinbrand auftritt — eine Vermutung, die im übrigen inzwischen auch von CONNERS (14) geäußert wurde — oder aber, ob bei einzelnen Herkünften des gewöhnlichen Steinbrandes (*T. caries*) Sporen mit ähnlich hoher Schleimschicht bzw. hohen Netzleisten wie beim Zwergsteinbrand auftreten können[1]).

Diese Frage ist deshalb von besonderem Interesse, da von einigen Autoren (16, 32, 67) auf Grund der in Saatgutproben von Getreide oder Gräsern gefundenen Steinbrandsporen Schlüsse auf das Auftreten von Zwergsteinbrand gezogen wurden. Bei Untersuchung von eingeschickten Steinbrandähren oder von Herbarmaterial[2]) liegen zudem oft keine Angaben über Halmverkürzungen vor; es läßt sich daher in solchen Fällen von vornherein nicht entscheiden, ob es sich um Zwergsteinbrand oder gewöhnlichen Steinbrand handeln könnte.

Eine weitere, offene Frage ist die Beziehung des Weizenzwergsteinbrandes zu anderen *Tilletia*-Formen von Getreide und Gräsern. Hier interessiert u. a. der auf R o g g e n vorkommende Steinbrand, dessen systematische Einordnung noch völlig ungeklärt ist. Die älteren Autoren (10, 11, 46, 47, 51, 52, 58, 90) und auch VOLKART (84) und VIENNOT-BOURGIN und ZIEGLÉ (83) fassen den Roggensteinbrand als eigene, vom gewöhnlichen Steinbrand verschiedene Art, *T. secalis* (Corda) Kcke., auf. GAINES und STEVENSON (23), TISDALE und TAPKE (81) und SCHELLENBERG (76) glauben hingegen, daß es sich bei den von ihnen beobachteten Roggensteinbrand-Vorkommen lediglich um einen Übergang von *T. caries* auf Roggen handelt und streichen deshalb die Art *T. secalis* ganz. Halmverkürzungen bei Roggensteinbrand-Befall werden hierbei nur von VIENNOT-BOURGIN und ZIEGLÉ (83) angegeben. Auch FISCHER (20) und ZUNDEL (95) stellen in ihren Werken über die Brandpilze *T. secalis* als Synonym zu *T. caries*, während LIRO (53) die Frage des Artwertes offen läßt. PICHLER (64) — in ähnlicher Weise auch BRESSMAN (8) — sieht im Roggensteinbrand nur eine spezialisierte Form des gewöhnlichen Weizensteinbrandes und benennt ihn *T. tritici* f. sp. *secalis*. Er weist allerdings bereits auf die Ähnlichkeit in der Sporenform von Roggensteinbrand und Zwergsteinbrand hin, wobei jedoch nach seinen Angaben beim Roggensteinbrand die Halmverkürzung fehlt. WARMBRUNN (88), MILLER (59) und WOODWARD, HOLTON und VOGEL (91) konnten aber neuerdings auch bei Roggen das Auftreten verzwergter, steinbrandbefallener Pflanzen feststellen und nehmen deshalb an, daß der Zwergsteinbrand des Weizens auch auf Roggen übergehen kann. Diese Angabe findet sich auch bei FISCHER (20) und CONNERS (14).

Nach allem könnte man vielleicht annehmen, daß auf Roggen zwei verschiedene Steinbrandarten — unverzwergter, gewöhnlicher Steinbrand

[1]) Nach Abschluß der eigenen Untersuchungen sind zu dieser Frage ausführliche Untersuchungen von SĂVULESCU (74) veröffentlicht worden, auf die in Abschnitt VIII im einzelnen eingegangen wird.

[2]) Neuerdings wurde mehrfach versucht (15, 21), durch Untersuchung von Herbarmaterial einen Anhaltspunkt über Verbreitung und erstes Auftreten des Zwergsteinbrandes zu gewinnen.

(*T. caries*) und Zwergsteinbrand (*T. controversa*) — auftreten können. Dem steht jedoch gegenüber, daß in Infektionsversuchen von GASSNER und NIEMANN (27) mit einer Roggensteinbrand-Herkunft aus Österreich, die dort nach Angaben PICHLERS an den befallenen Roggenpflanzen keine Halmverkürzungen bewirkte, bei Petkuser Winterroggen ähnlich starke Halmverkürzungen wie beim Weizenzwergsteinbrand auftraten. Dies deutet darauf hin, daß zumindest beim Roggensteinbrand das Auftreten von Halmverkürzungen nicht nur von der verwendeten Pilzherkunft, sondern auch von anderen Faktoren (Wirtssorte, Infektionsbedingungen?) abhängt, so daß sich alleine auf Grund der Halmverkürzungen keine systematische Abgrenzung gegen andere *Tilletia*-Formen durchführen läßt.

Durch die vorliegenden Untersuchungen war zu klären, ob sich bei verschiedenen Herkünften des Roggensteinbrandes auf Grund der Sporenform oder der Keimungsphysiologie verschiedene Formen unterscheiden lassen oder ob es sich um eine einheitliche Art handelt. Auch die Beziehungen zwischen Roggensteinbrand, Weizenzwergsteinbrand und gewöhnlichem Weizensteinbrand waren hierbei zu untersuchen.

Als Letztes endlich war noch zu prüfen, wieweit eine morphologische oder keimungsphysiologische Verwandtschaft zwischen den *Tilletia*-Arten des Getreides und denen von Wildgräsern besteht. Nach den Untersuchungen von FISCHER (19), CONNERS (14), HARDISON (32), HARDISON und CORDON (33), HARDISON und Mitarbeiter (34) und VIENNOT-BOURGIN und ZIEGLÉ (83) treten zwergsteinbrandähnliche Sporen auch bei vielen *Tilletia*-Arten von Gräsern auf. Auch aus den Angaben älterer Autoren sind derartige Hinweise zu entnehmen (47, 50). Es wäre danach nicht ausgeschlossen, daß die auf verschiedenen Wildgräsern auftretenden Steinbrandarten den Ausgangspunkt für die Weizenzwergsteinbrand- und Roggensteinbrandschäden in mitteleuropäischen und nordamerikanischen Getreideanbaugebieten bilden (14). Hierfür könnte auch der Befund sprechen, daß es gelang (62), in künstlichen Infektionen den Brand von *Agropyron repens* auf Roggen und den Brand von *Hordeum bulbosum* und von *H. murinum* auf Gerste zu übertragen, wobei die befallenen Pflanzen stark verzwergt waren. Auch MEINERS (57) gelang die Infektion von Weizen mit Zwergsteinbrand-Herkünften von *Arrhenatherum* und *Agropyron*.

Nach LOWTHER (54), GASSNER-Hoechst (29), BÖNING, WAGNER und v. MINCKWITZ (5), GASSNER und NIEMANN (26) und PICHLER (66) unterscheiden sich der Weizenzwergsteinbrand und auch die von PICHLER und von GASSNER und NIEMANN geprüfte Roggensteinbrand-Herkunft physiologisch dadurch vom gewöhnlichen Weizensteinbrand (*T. caries*), daß sie nur bei Temperaturen unterhalb + 10 °C und außerdem nur bei Belichtung keimen.[1]) Dieses abweichende Keimverhalten ist die Ursache für den Unterschied in der Biologie des Zwergsteinbrandes und Roggensteinbrandes einerseits und des gewöhnlichen Steinbrandes andererseits, und damit

[1]) Auf die neuen Untersuchungen SĂVULESCUS (74) hierzu wird auf Seite 153 näher eingegangen.

auch der Grund für die Schwierigkeiten in der Bekämpfung dieser vom Boden aus infizierenden *Tilletia*-Formen. Von allen Autoren, die über zwergsteinbrandartige *Tilletia*-Formen auf Gräsern berichten (14, 19, 32, 33, 34), wurde nun bisher immer nur die Ähnlichkeit in der systematisch bedeutsamen Sporenform und -größe herausgestellt, ohne daß gleichzeitig nachgewiesen wurde, ob diese Formen auch im Keimverhalten und damit der Biologie mit dem Weizenzwergsteinbrand übereinstimmen. Da dies für die Frage der Herkunft und des Wirtsbereiches des Zwergsteinbrandes jedoch entscheidend ist, wurde in den eigenen Untersuchungen neben der Sporenform auch das Keimverhalten der einzelnen Herkünfte von Getreide und Gräsern geprüft.

II. Material

Die Grundlage für die Untersuchungen bildete das im Jahre 1953 von G. GASSNER in der Türkei gesammelte Steinbrandmaterial von Weizen, Roggen und verschiedenen Wildgräsern. Leider war es Prof. GASSNER vor seinem Tode nicht mehr vergönnt, die Bearbeitung dieses Materials selber zu übernehmen. Es wird daher im letzten Abschnitt der vorliegenden Untersuchungen — soweit es nach den mir von Prof. GASSNER übergebenen Tagebuchaufzeichnungen möglich ist — ein etwas ausführlicherer Bericht über das Auftreten von Zwergsteinbrand und Roggensteinbrand in der Türkei, über das bisher von anderer Seite noch nicht berichtet worden ist, gegeben. Ergänzt wurde das Material durch *Tilletia*-Zusendungen aus Deutschland, Österreich, der Schweiz, Jugoslawien, Frankreich, dem Kaukasus, der Tschechoslowakei, den USA und Kanada sowie durch Steinbrandproben, die aus künstlichen Infektionen mit diesen Herkünften stammten. Nach Möglichkeit wurde frisches Material verwendet, damit neben der Morphologie auch die Keimung geprüft werden konnte. Insgesamt wurden 168 Einzelproben (Ähren) aus 107 Herkünften ausgewertet.

Den Herren Prof. Dr. FISCHER, Dr. WAGNER, Dr. WAKMBRUNN, Dr. PICHLER, Dr. KAISER, Dr. GASSNER-Hoechst, Dr. KOBEL, Dr. AEBI und Prof. Dr. KISPATIC sage ich für die Übersendung der Proben meinen besten Dank. Gleichfalls danke ich Frau Dr. ÖZKAN-Ankara, die Prof. GASSNER auf seiner Türkeireise assistierte, für ihre Auskunft bei der Auswertung der GASSNERschen Tagebuchaufzeichnung sowie Frau Prof. Dr. SCHIEMANN und Frl. Dr. POTZTAL, Berlin-Dahlem, die einige Nachbestimmungen von Wirtspflanzen durchführten.

Im folgenden wird eine Zusammenfassung über das verwendete Material mit Angabe der Wirtspflanze, Fundort und Jahr sowie Herkunft der Probe gegeben. Auf die laufenden Nummern der Herkünfte wird in der Arbeit bei der Wiedergabe der einzelnen Untersuchungen jeweils verwiesen. Zusätzliche Bemerkungen der Einsender (Determination, Angaben über Halmverkürzung) sind in Klammern hinzugefügt. Soweit nicht ausdrücklich anders vermerkt, stammen die in jeder Probe gemessenen Sporen immer aus einer einzigen Ähre. Bei Herkünften, die aus einer größeren Anzahl Ähren bestanden, wurden Messungen an mehreren Proben aus verschiedenen Ähren durchgeführt.

A. *Tilletia* sp. von verschiedenen Wildgräsern

1. *Agrostis vulgaris* With., Tschechoslowakei-Netin, 1926, Coll. ZILLIG, (*T. decipiens* [Pers.] Kcke.).
2. *Lolium linicola* R. Br., Frankreich-Grignon, 1921, Coll. ZILLIG, (*T. Lolii* Auersw.).
3. *Bromus* sp., unbekannte Herkunft, Coll. ZILLIG, (*T. Guyotiana* Hariot).

4. *Elymus Caput-medusae* L.[1]), Türkei-Elmadag, 1953, leg. GASSNER, (Sporen sehr feinmaschig, keine Schleimmembran).
5. *Aegilops umbellata*, Türkei, Keciören, 1943, leg. BREMER, Coll. GASSNER.

B. *Tilletia* sp. von *Hordeum*-Arten

6. *H. bulbosum*, Tiflis, 1922, Coll. ZILLIG, (*T. hordei* Kcke.).
7—8. Sieben Proben von *H. bulbosum* L., Türkei-Elmadag und Bezirk Ermenak, 1900 m, 1953, leg. GASSNER; vier Proben von Gerste (Friedrichsw. Wintergerste), die 1953/54 mit diesen Herkünften infiziert wurde (Pflanzen um 70 % verkürzt).
9—10. Vier Proben von *H. murinum* L., Türkei, Bezirk Keciören, 1953, leg. ÖZKAN und KAREL, Coll. GASSNER, (Pflanzen um ½ bis ⅔ verkürzt); eine Probe von Gerste (Friedrichsw. Wintergerste), die 1953/54 mit Herkunft 10 infiziert wurde (Pflanzen um 64 % verkürzt)[2]).
11. Kulturgerste, Jugoslawien, 1951, Coll. KISPATIC, (*T. Pancicii*, Pflanzen etwa 8 % verkürzt).

C. *Tilletia* sp. von *Agropyron*

12. *A. repens*, Deutschland-Halle, 1873, leg. J. KÜHN, Coll. Bot. Samml. T. H. Zürich, (*T. controversa* Kühn, Typusmaterial).
13. *A. repens*, Erivan, 1926, Coll. ZILLIG, (*T. controversa* Kühn).
14. *A. intermedium* (Host.) Beauv., 1950, (Typusmaterial), Coll. HORNING
15. *A. desertorum*, 1954, Coll. MEINERS
16. *A. sibiricum*, 1954, Coll. MEINERS
17. *A. cristatum*, 1954, Coll. MEINERS

   } USA, Idaho, (*T. brevifaciens* G. W. Fisch.).

18. *A. cristatum* (L.) Beauv., USA (Wash.), 1937, Coll. FISCHER, (*T. tritici* [Bjerk] Winter, aus infiz. Mat.).
19. *A. cristatum* (L.) Beauv., USA (Wash.), 1931, Coll. FISCHER, (*T. foetida*, aus infiz. Mat.).
20—22. Drei Proben von *A. repens* (L.) Beauv.[3]), Türkei-Elmadag, 1850 m, 1935 und 1936, leg. GASSNER, (mittlere Halmlänge bei Nr. 20 16,5 cm).
23—24. Sechs Proben von *A. repens*, Türkei-Elmadag, etwa 1400 m, 1953, leg. GASSNER; zwei Proben von Roggen, der 1953/54 mit Herkunft Nr. 24 infiziert wurde (Pflanzen um 62 % verkürzt)[4]).

D. *Tilletia* sp. von Roggen

25—27. Sieben Proben, Türkei, Bezirk Ermenak, 1953, Coll. GASSNER, (Pflanzen bei zwei Proben verzwergt, Herkunft Nr. 26 aus gleichem Feld wie Weizensteinbrand-Herkunft Nr. 45, Herkunft Nr. 27 aus gleichem Feld wie Weizensteinbrand-Herkunft Nr. 48); zwei Proben von Petk. Roggen, der 1953/54 mit Herkunft Nr. 27 infiziert wurde (Pflanzen um 71 % bzw. 58 % verkürzt).
28—30. Fünf Proben, Türkei, Prov. Gümüsane u. Prov. Trabzon, 1620 bzw. 1960 m, 1953, leg. GASSNER, (Pflanzen verzwergt); zwei Proben von Petk. Roggen, der 1953/54 mit diesen Herkünften infiziert wurde (Pflanzen um 70 % verkürzt).

[1]) Prof. GASSNER vermutete, daß es sich bei der Wirtsart um *Hordeum fragile* handeln könnte. Unter dieser Bezeichnung wurde die Herkunft auch von mir in einer früheren Veröffentlichung (62) erwähnt. Nachdem mir jedoch Frau Dr. ÖZKAN-Ankara mitteilte, daß diese Art bisher aus der Türkei nicht bekannt ist, wurde durch Frau Prof. SCHIEMANN und Frl. Dr. POTZTAL, Berlin-Dahlem, eine Nachbestimmung vorgenommen, die ergab, daß es sich um *Elymus Caput-medusae* L. handelt.

[2]) Abbildung bei NIEMANN (62).

[3]) Die Bestimmung der Wirtspflanze erfolgte durch Frau Prof. SCHIEMANN und Frl. Dr. POTZTAL.

[4]) Abbildung bei NIEMANN (62).

31—32. Zwei Proben, Schweiz, Kanton Tessin, 1230 und 1350 m. ü. d. M., 1930, leg. VOLKART, Coll. Bot. Samml. T. H. Zürich, (*T. secalis* Kcke.).
33. Schweiz, Kanton Graubünden, 1400 m ü. d. M., 1952, leg. S. WAGNER, Coll. Bot. Samml. T. H. Zürich, (*T. secalis* [Corda] Kühn).
34. Schweiz, Kanton Graubünden, 1218 m ü. d. M., 1953, Coll. AEBI, (erkrankte Halme stark verkürzt).
35—36. Zwei Proben, Deutschland-Bayern, 1953 und 1954. Coll. Bayer. Landesanst. München.
37. Eine Probe, Österreich-Rauris, 1952, leg. PICHLER, (Halme nach Angaben PICHLERS nicht verkürzt; Material als ausgeriebene Sporen erhalten; es handelt sich um das Material, das in früheren Untersuchungen von GASSNER und NIEMANN [27] verwendet wurde); fünf Proben von Petk. Roggen, der 1952/53 und 1953/54 mit diesem Material infiziert wurde (Pflanzen durchschnittlich um 50 % verkürzt).

E. *Tilletia* sp. von Weizen

38. *Triticum aestivum* L., USA, Wash., 1946, Coll. FISCHER u. MEINERS, (*T. brevifaciens* G. W. Fisch., Paratype).
39—40. Zwei Proben von *Triticum aestivum* L., USA, 1948 und 1954, Coll. FISCHER, (*T. brevifaciens* G. W. Fisch.).
41—42. Zwei Proben, Kanada, 1950 und 1952, Coll. GASSNER-Hoechst, (Zwergsteinbrand, Brandbutten nicht aus einer Ähre).
43. Türkei, Prov. Burdur, 1950, Coll. GASSNER.
44. Drei Proben, Türkei, Prov. Malatya, Jahr unbekannt, Coll. GASSNER; eine Probe von Winterweizen (General v. Stocken), der 1953/54 mit diesem Material infiziert wurde (Pflanzen um 73 % verkürzt).
45—48. Acht Proben, Türkei, Bez. Ermenak, etwa 1900 m, 1953, Coll. GASSNER, (Zwergsteinbrand-Herkunft Nr. 45 aus gleichem Feld wie Roggensteinbrand-Herkunft Nr. 26, Zwergsteinbrand-Probe Nr. 48 aus gleichem Feld wie Roggensteinbrand-Herkunft Nr. 27); eine Probe von Winterweizen (General v. Stocken), der 1953/54 mit diesem Material infiziert wurde (Pflanzen um 61 % verkürzt).
49—55. Neun Proben, Türkei, Prov. Gümüsane, etwa 1600—1730 m, 1953, Coll. GASSNER, (Pflanzen verkürzt); zwei Proben von Winterweizen (General v. Stocken), der 1953/54 mit diesem Material infiziert wurde (Pflanzen um 57 bzw. 66 % verkürzt).
56. Schweiz, 1953, Coll. AEBI, (Zwergbrand).
57. Österreich-Petzenkirchen, 1954, Coll. PICHLER, (Zwergbrand).
58—62. Fünf Proben, Deutschland-Bayern, 1953 und 1954, Coll. WAGNER, (Zwergbrand).
63—66. Vier Proben, Deutschland-Württemberg, 1951/1952, 1953, 1954, Coll. WARMBRUNN, (Zwergbrand).
67—69. Vier Proben, Deutschland-Württemberg, 1950—1954, Coll. Pfl. Schtz. Amt Stuttgart, (Zwergsteinbrand, Sporenmaterial der Nr. 68 und 69 in Form loser Brandbutten erhalten); eine Probe Winterweizen (General v. Stocken), der 1953/54 mit diesem Material infiziert wurde (Pflanzen um 63 % verkürzt).
70. Österreich-Petzenkirchen, 1954, Coll. PICHLER, (gewöhnl. Steinbrand).
71. Schweiz, 1954, Coll. AEBI, (gewöhnl. Steinbrand).
72. Deutschland-Bayern, 1954, Coll. WAGNER, (gewöhnl. Steinbrand).
73—76. Acht Proben, Deutschland-Magdeburg u. Braunschweig, 1953 u. 1954, Coll. Bot. Inst. T. H. Braunschweig, (gewöhnl. Steinbrand).
77. Drei Proben, Türkei, 1953, Coll. GASSNER, (aus Sortimentanbau gesammelt).
78. Türkei, Prov. Gaziantep, Coll. GASSNER, (sehr kleine Pflanzen); zwei Proben aus Weizen (General v. Stocken), der 1953/54 mit diesem Material infiziert wurde (Pflanzen 12 % länger als gesunde Pflanzen).
79. Türkei, Bezirk Ermenak, Jahr unbekannt, Coll. GASSNER.
80. *Triticum monococcum*[1]), Türkei, Prov. Samsun, 1953, Coll. GASSNER, (Brand an

[1]) Die Nachbestimmung der Wirtspflanze erfolgte durch Frau Prof. SCHIEMANN.

langen, dünnen Halmen); zwei Proben von Winterweizen (General v. Stocken), der 1953/54 mit diesem Material infiziert wurde (Pflanzen um 14 % verkürzt).
81. Türkei, Herkunft unbekannt, Coll. GASSNER.
82. Türkei-Elmadag, Jahr unbekannt, Coll. GASSNER.
83—85. Drei Proben, Türkei, Bez. Inegöl, 1953, Coll. GASSNER, (Nr. 83 ev. *T. intermedia*).
86—87. Zwei Proben, Türkei, Bez. Kirsehir, Coll. GASSNER.
88. Türkei, Bez. Akhisar, Coll. GASSNER.
89. Türkei, Bez. Dogansehir, Coll. GASSNER.
90—92. Drei Proben, Türkei, Bez. Mucur, Jahr unbekannt, Coll. GASSNER.
93—94. Zwei Proben, Türkei, Bez. Göynük, Coll. GASSNER.
95—98. Sechs Proben, Türkei, Bez. Ermenak, 1953, leg. GASSNER, (Nr. 95 und 98 als Zwergbrand bezeichnet).
106. Türkei, Prov. Trabzon, 1953, Coll. GASSNER.
107. Türkei, Prov. Samsun, 1000 m, 1953, leg. ÖZKAN, Coll. GASSNER.

Da aus Platzmangel die Ergebnisse der Messungen an den einzelnen Proben nicht vollständig gebracht werden können, werden im folgenden jeweils die Herkünfte von der gleichen Wirtsart zur Auswertung zusammengefaßt.

III. Methodik

Für alle Proben wurden Sporenmessungen durchgeführt. Hierbei stammten die Sporen jeder Probe zumeist aus einer Ähre; nur in den Fällen, wo das Material in Form loser Brandbutten (Herkunft Nr. 41, 42, 68, 69) oder als Sporenpulver (Nr. 37) eingeschickt worden war, wurde die ganze Einsendung als einheitliche Probe betrachtet.

Bei den Messungen wurden nur die normal ausgebildeten, zumeist leicht braun oder gelb gefärbten Sporen berücksichtigt; die in allen Proben in mehr oder minder großer Zahl vorhandenen, etwas kleineren, hyalinen Sporen wurden nicht ausgewertet.

Die Messung erfolgte in Chloralhydrat bei 1250facher Vergrößerung. Hierbei waren die Meßwerte um etwa 8 % kleiner als bei Einbringen der Sporen in Wasser, so daß ein direkter Vergleich mit den Angaben anderer Autoren, die andere Medien verwenden, nicht möglich ist. Chloralhydrat wurde verwendet, da sich hierin die Maschen auf der Sporenoberfläche deutlicher messen und von der im Innern der Sporen befindlichen plasmatischen, oft vakuolenreichen Substanz unterscheiden lassen. (Hierauf weist bereits GASSNER, 25, hin.) Auch tritt die Schleimhülle so deutlicher hervor.

Der größte und kleinste Durchmesser der Sporen, größter und kleinster Durchmesser der Maschen sowie die Zahl der Maschen auf der sichtbaren Sporenoberfläche wurden an je 20 Sporen jeder Probe; die Höhe der Leisten und die Höhe der Schleimschicht, da diese Werte in den einzelnen Proben weniger stark schwanken, nur an je 10 Sporen bestimmt. Die Werte für diese beiden letzten Charakteristika waren bei den *T. caries*-Formen, wo die Leisten oft niedriger als 0,5 μ sind, zum Teil nur annähernd zu ermitteln und müßten hier eher als Schätzwerte denn als Meßwerte bezeichnet werden. Proben, bei denen die Schleimschicht undeutlich war, sowie alle glattwandigen *(T. foetida)* Sporen wurden darüber hinaus in einer verdünnten, wässerigen Tuschesuspension untersucht.

Die Meßwerte für den Sporendurchmesser gelten ohne Berücksichtigung der Schleimhülle oder Leisten. Bei der Auszählung der Maschen auf der sichtbaren[1]) Sporenoberfläche wurden alle Maschen mitgezählt, deren Fläche zumindest teilweise in Aufsicht zu erkennen war, also nicht die Maschen, die am Rande der Sporen nur im Querschnitt sichtbar sind. Maschenzahlen über 60 je Oberfläche wurden geschätzt.

Der mittlere Fehler (nach KOLLER, 45) der für die einzelnen Proben erhaltenen Mittelwerte wurde nicht in allen Fällen errechnet, sondern nur für eine Stichprobe von jeweils 20 wahllos herausgegriffenen Meßreihen ermittelt. Er liegt für die Sporengröße

[1]) Die von GASSNER (25) und SĂVULESCU (74, 75) angegebenen Maschenzahlen gelten für die ganze Sporenoberfläche und sind demnach annähernd doppelt so groß wie die von mir erhaltenen Werte.

etwa bei 1,3 % (0,25 bis 2,6 %), für die Maschengröße bei 5,1 % (3,0 bis 12,7 %), für die Maschenzahl bei 4,7 % (1,2 bis 11,6 %), für die Leistenhöhe bei 5 % (2,1 bis 8,8 %) und für die Höhe der Schleimschicht bei 4,1 % (2,3 bis 7,5 %) des jeweiligen Mittelwertes der Herkunft.

Außer diesen durch Messungen zu ermittelnden Werten wurden für die Proben noch Farbe, Form und Größe der Brandbutten sowie Farbe und Konsistenz des Sporenpulvers festgestellt und das Keimverhalten geprüft.

Zur Keimprüfung[1]) wurden die Sporen mit Wasser angerührt, auf Schlämmboden aus lehmiger Ackererde in Petrischalen von 9 cm ⌀ ausgestrichen und in jeweils drei Parallelreihen aufgestellt:

a) In Kühlräumen bei + 3 ° C (2 bis 5 °) am Licht (drei Leuchtstoffröhren zu je 60 W in 60 cm Abstand).

b) Bei + 3 ° C (2 bis 5 °) in Blechdosen verdunkelt.

c) Bei + 15 ° C (15 bis 17 °) am Licht (Leuchtstoffröhren).

Die bei 15 ° C aufgestellten Keimschalen blieben 30 Tage, die bei 3 ° C aufgestellten Schalen 70 bis 90 Tage stehen. In sieben- bis zwölftägigem Abstand wurde die Keimung mit Hilfe eines Binokulars abgelesen. Versuchsschalen, bei denen die Sporidienbildung im Verlauf dreier aufeinanderfolgender Ablesungen nicht mehr zunahm, wurden abgeräumt, da die Anzuchten noch für Infektionsversuche verwendet werden sollten. Wiederholungen der Keimversuche waren nicht möglich, da jeweils nur Sporen aus einigen Brandbutten verfügbar waren.

Als Maßstab für die Keimung diente die Sporidienbildung. Nur dieses, der Promyzelbildung folgende Stadium läßt sich auf Schlämmboden sicher bonitieren. Die Promyzelbildung selbst ist nur auf Agar-Nährböden oder in Flüssigkeitskultur zu erfassen, wo aber die zwergsteinbrandähnlichen *Tilletia*-Formen nach früheren Erfahrungen nicht oder kaum keimen. Da der Schlämmboden mehr dem natürlichen Keimsubstrat entspricht, erscheint diese Art der Ablesung berechtigt. Wenn im folgenden der Begriff der „Keimung" verwendet wird, so ist er stets in diesem weiteren, Promyzel- und Sporidienbildung umfassenden Sinne zu verstehen.

Aus allen gekeimten Proben wurden Ausstriche hergestellt und einzelne Sporidien bei gleicher Vergrößerung unter Verwendung eines Zeichenprismas gezeichnet. Die Längenmessung der Sporidien erfolgte dann an diesen Zeichnungen.

IV. Keimverhalten (Sporidienbildung)

Nicht untersucht wurde das Keimverhalten bei den Herkünften Nr. 1, 6, 12 und 13, da von diesem Material nur sehr kleine Mengen zur Verfügung standen[2]). Sowohl bei + 3 ° C wie auch bei + 15 ° C waren innerhalb der Versuchsdauer nicht keimfähig die Proben Nr. 2 (von *Lolium*, 1921); Nr. 3 (von *Bromus*); Nr. 11 (von Gerste, *T. Pancicii*, 1951); Nr. 18 (*T. tritici* von *Agropyron*, 1937); Nr. 19 (*T. foetida* von *Agropyron*, 1931); Nr. 20, 21 und 22 (von *Agropyron*, 1935/36); Nr. 31 und 32 (von Roggen,

[1]) Ausführliche Angaben zur Methodik der Keimprüfung finden sich bei GASSNER und NIEMANN (26).

[2]) Da es sich bei diesen Proben um älteres Sporenmaterial handelte, war kaum damit zu rechnen, daß Keimversuche noch auswertbare Ergebnisse ergeben würden.

1930) und Nr. 52 (von Weizen, verzwergte Pflanzen, 1953). Wahrscheinlich waren diese Herkünfte, außer Nr. 11 und 52, schon zu alt. Das Keimverhalten der übrigen Proben zeigt die Tabelle 1.

Tabelle 1

Keimverhalten der Steinbrandproben

0 = nicht gekeimt, + = gekeimt. Bonitiert wurde die Sporidienbildung

Nr. der Herkunft	Wirt	Zahl der untersuchten Einzelproben	Keimung (am Licht) bei		Beginn der Keimung nach Tagen (bei 3°, Licht)	Lichtabhängigkeit (bei 3°)
			+ 3°	+ 15°		
4	*Elymus Caput-medusae*	1	+	0	17 (16—19)	lichtgefördert
5	*Aegilops umbellata* ...	1	(+)[1]	0	58 (53—63)	?
7—8	*Hordeum bulbosum* ...	7	+	0	29 (22—43)	lichtgefördert
9—10	*Hordeum murinum* ...	4	+	0	22 (15—33)	stark lichtgefördert
14	*Agrop. intermedium* ...	1	+	0	25 (22—29)	mit Ausnahme der Nr. 14 lichtgefördert
15	*A. desertorum*	1	+	0	17 (12—22)	
16	*A. sibiricum*	1	+	0	17 (12—22)	
17	*A. cristatum*	1	+	0	< 12	
23—24	*A. repens*	6	+	0	24 (14—33)	
25—30 33—37	Roggen	26	+	0	19 (11—34)	mit Ausnahme der Nr. 36 lichtgefördert oder stark lichtgefördert
38—51 53—68	Weizen	44	+	0	32 (11—60)	mit Ausnahme von Nr. 38 lichtgefördert oder stark lichtgefördert
69—81	Weizen (netzsporige Proben)	23	+	+[2]	11 (11—18)	am Licht zumeist beschleunigt
82—107	Weizen (glattsporige Proben)	30	+	+	11 (8—16)	

[1]) Nur sehr geringe Keimung.
[2]) Probe Nr. 69 bei 15° nur sehr geringe Keimung.

Aus der Tabelle ist zu entnehmen, daß alle keimfähigen Proben von Gräsern und Roggen sowie die Proben bis einschließlich Nr. 68 von Weizen sich hinsichtlich der Temperaturabhängigkeit der Keimung (Sporidienbildung) wie Zwergsteinbrand oder wie die bereits früher von Gassner und Niemann (26) untersuchte Herkunft des Roggensteinbrandes aus Rauris in Österreich (hier unter Nr. 37 geführt) verhielten, da sie nur bei + 3 °C, nicht aber bei + 15 °C keimten und außerdem stark lichtgefördert waren oder sogar überhaupt nur bei Belichtung keimten. Nur

die Herkünfte Nr. 14 (von *Agropyron intermedium*, Typusmaterial von *T. brevifaciens* G. W. Fisch.), Nr. 36 (von Roggen) und Nr. 38 (von Weizen, Paratype von *T. brevifaciens* G. W. Fisch.) wurden nicht durch Licht gefördert, sondern keimten sogar bei Dunkelheit besser. Da bei den im Dunkeln aufgestellten Schalen dieser Proben die mehr oder weniger starke Entwicklung eines Pilzmyzels zwischen den Sporenausstrichen beobachtet wurde (das allerdings teilweise auch in anderen Versuchsschalen auftrat), läßt sich ohne weitere Untersuchungen nicht entscheiden, ob die Keimung dieser Proben tatsächlich durch Dunkelheit gefördert wurde, oder ob es sich nur um eine zufällige Förderung durch in den Ausstrichen entwickelte Fremdorganismen handelte.[1])

Für die Möglichkeit einer Bekämpfung des Zwergsteinbrandes durch Bodenbehandlung mit chemischen Mitteln ist die Frage von großer Bedeutung, ob es auch zwergsteinbrandähnliche, nur bei tieferen Temperaturen keimfähige und vom Boden aus infizierende *Tilletia*-Formen gibt, die auch ohne Belichtung zu keimen vermögen[2]) oder die sogar durch Dunkelheit begünstigt werden. Nach vorliegendem Ergebnis erscheinen daher weitere Untersuchungen über die Lichtabhängigkeit der Sporenkeimung verschiedener, insbesondere auch amerikanischer Zwergsteinbrand-Herkünfte angebracht.

Die Angaben über die Probe Nr. 5 (*Aegilops*) werden in der Tabelle nur mit Vorbehalt wiedergegeben, da auch bei 3 ° hier nur sehr geringe Keimung erfolgte.[3]) Die Stärke der Keimung in den übrigen Herkünften war unterschiedlich. Dies läßt sich allerdings nicht weiter auswerten, weil möglicherweise einige Herkünfte durch die Lagerung bereits leicht in der Keimfähigkeit geschädigt waren. Außerdem wurde, da alle Keimschalen bereits nach Eintritt einer einigermaßen ausreichenden Keimung abgeräumt und für weitere Infektionsversuche verwendet wurden, die Keimung nicht immer lange genug beobachtet.

Die von Weizen stammenden Proben Nr. 69—107 zeigten gegenüber dieser ersten Gruppe ein abweichendes Keimverhalten, da sie nicht nur bei 3 °, sondern auch bei 15 ° C gut keimten. Die Keimung war hier am Licht zwar zuerst meist etwas gefördert, jedoch holten die in Dunkelheit aufgestellten Versuche — soweit dies verfolgt wurde — diesen Vorsprung bald wieder auf. Man kann demnach hier nicht von einer Keimungsförderung durch das Licht, sondern nur von einer Keimungsbeschleunigung sprechen.

Wahrscheinlich dürfte auch die Art *T. Lolii* von *Lolium* in diese Gruppe einzuordnen sein, denn nach Angaben anderer Autoren (49, 51, 58) erfolgt die Keimung und Sporidienbildung hier ähnlich leicht wie bei *T. caries*.

[1]) Die Möglichkeit einer Förderung der Sporenkeimung des Zwergsteinbrandes und Roggensteinbrandes durch Mikroorganismen wurde von GASSNER und NIEMANN (28) nachgewiesen.

[2]) Es sei hier nur auf die Untersuchungen von LOWTHER (54) verwiesen, der angibt, daß zur Sporenkeimung des Zwergsteinbrandes tiefe Temperaturen nötig sind, jedoch nichts über die Notwendigkeit einer Belichtung sagt.

[3]) Das Material war zwölf Jahre alt.

Auch bei der in meinen Versuchen nicht keimfähigen *T. Pancicii* von Gerste bereitet es, wie mir Herr Prof. KISPATIC-Agram freundlicherweise mitteilte, keine Schwierigkeit, die Sporen auf Schlämmerde zur Keimung zu bringen, so daß auch diese Art keimungsphysiologisch vielleicht zur Gruppe des gewöhnlichen Steinbrandes gehört.

Bei Untersuchungen verschiedener türkischer Stämme von *T. foetida* und *T. caries* konnte GASSNER (24) größere Unterschiede in der Keimgeschwindigkeit feststellen. Auch bei den mir vorliegenden Formen scheinen — wie Tabelle 1 zeigt — Unterschiede in der Keimungsgeschwindigkeit (in der Tabelle angeführt als Tag, an dem jeweils die erste Sporidienbildung beobachtet wurde) zu bestehen. Am frühesten begann die Keimung bei den Herkünften Nr. 69—107 von Weizen (etwa nach 11 Tagen) und von *Agropyron cristatum* (< 12 Tage), dann folgten die Herkünfte von den übrigen *Agropyron*-Arten, von *Elymus*, Roggen und *Hordeum murinum* mit 17—25 Tagen, am langsamsten keimten im allgemeinen die Proben von *Hordeum bulbosum* (29 Tage) sowie die Nr. 36—68 von Weizen (32 Tage).

Für die von der gleichen Wirtsart, jedoch aus verschiedenen Gegenden stammenden Herkünfte (die in der Tabelle 1 nicht getrennt aufgeführt wurden) waren nur bei den zwergsteinbrandähnlichen Formen von Weizen Unterschiede zu beobachten. Die aus den USA oder Kanada stammenden Zwergsteinbrand-Herkünfte Nr. 38—42 keimten durchschnittlich schon nach 20 Tagen, die Zwergsteinbrand-Herkünfte aus der Türkei erst nach 29 Tagen, die mitteleuropäischen Proben (Deutschland, Österreich, Schweiz) sogar erst nach 39 Tagen. Dies deckt sich mit dem Befund von GASSNER-Hoechst (30), der angibt, daß Weizenzwergsteinbrand-Herkünfte aus Kanada etwa um 10 Tage früher mit der Keimung beginnen als die von ihm geprüften deutschen Herkünfte.

Im einzelnen kann auf diese Unterschiede in der Keimschnelligkeit nicht näher eingegangen werden, da die Ablesungen in zu großen Abständen erfolgten, als daß die Ergebnisse als völlig gesichert betrachtet werden könnten. Zudem müßte für derartige Untersuchungen möglichst gleichaltes und unter gleichen Bedingungen gelagertes Sporenmaterial verwendet werden.

Ein weiteres Problem wurde von PICHLER (64) angeschnitten, der in seinem ersten Bericht über den Roggensteinbrand die Vermutung ausspricht, daß sich der gewöhnliche Weizensteinbrand (*T. caries*) bei künstlicher Übertragung auf Roggen, also nach Passage über einen anderen Wirt, keimungsphysiologisch verändert. Es wurde allerdings bei diesen Versuchen nicht geprüft, ob sich nur die Temperaturabhängigkeit der Keimung verändert, also die Sporen bei tieferer Temperatur noch keimfähig blieben, oder ob die Keimfähigkeit völlig erlischt.

In der Tabelle 1 wurden die einzelnen Proben jeweils der Wirtsgruppe zugeordnet, von der das Sporenmaterial ursprünglich stammt. In Tabelle 2 ist zusätzlich noch einmal das Keimverhalten für die Proben angegeben, bei denen 1954 und 1955 die Übertragung auf eine andere als die Aus-

Tabelle 2 Keimverhalten verschiedener Brandherkünfte

+ = gekeimt; 0 = nicht gekeimt; ←→ = Sporenmaterial gleicher

Herkunft des Sporenmaterials		Wirts-
Nr.	Ausgangswirt	künstliche Übertragung auf
7	*H. bulbosum*	—
Infektion mit Sporengemisch aus Nr. 7	*H. bulbosum*	Wintergerste
8	*H. bulbosum*	—
Infektion mit Sporengemisch aus Nr. 8	*H. bulbosum*	Wintergerste
10	*H. murinum*	—
Infektion mit Sporengemisch aus Nr. 10	*H. murinum*	Wintergerste
Infektion mit Sporengemisch aus Nr. 10	*H. murinum*	Weizen
24	*A. repens*	—
Infektion mit Sporengemisch aus Nr. 24	*A. repens*	Roggen
34 (Roggensteinbrand)	Roggen	—
Infektion mit Nr. 34	Roggen	Roggen
	Roggen	Weizen
74 (*T. caries*)	Weizen	Weizen
Infektion mit Sporengemisch aus Nr. 74	Weizen	Weizen
	Weizen	Roggen
Infektion mit Sporengemisch von *T. foetida* (türkische Herkünfte)	Weizen	Weizen
	Weizen	Roggen
Infektion mit Sporengemisch des Weizenzwergsteinbrandes (deutsche Herkünfte)	Weizen	Weizen
	Weizen	*Festuca pratensis*
42 (Zwergsteinbrand)	Weizen	—
Infektion mit Sporengemisch aus Nr. 42	Weizen	Weizen
	Weizen	Roggen
17	*A. cristatum*	—
Infektion mit Nr. 17	*A. cristatum*	Weizen

nach Passage durch einen anderen Wirt *Tabelle 2*

Ausgangsherkunft und gleichen Alters. Bonitiert wurde die Sporidienbildung.

passage	Keimprüfung				
Zeitpunkt der Infektion (Sporenalter)	Zeitpunkt der Prüfung	Zahl der geprüften Proben	Keimung (am Licht) bei 2—5 °C	Keimung (am Licht) bei 15—18 °C	Beginn der Keimung nach Tagen (3 °, Licht)
(1953)	1955	6	+	0	25—43
1954	1955	2	+	0	20—30
(1953)	1955	1	+	0	22—33
1954	1955	2	+	0	15—24
(1953)	1955	3	+	0	15—24
1954	1955	1	+	0	11—20
1955	1956	1	+	0	45—56
(1953)	1955	3	+	0	25—33
1954	1955	2	+	0	11—20
(1953)	1955	1	+	0	11
1955	1956	1	+	0	9—17 ↑
1955	1956	1	+	0	29—37 ↓
1954	1955	3	+	+	6—11
1955	1956	Sporengemisch aus mehreren Pflanzen	+	+	9—11 ↑
1955	1956	1	+	+	9—17 ↓
1955	1956	1	+	+	9—17 ↑
1955	1956	1	+	+	9—17 ↓
1955	1956	Sporengemisch aus mehreren Pflanzen	+	0	36—45 ↑
1955	1956	1	+	0	23—29 ↓
(1952)	1955	Sporengemisch aus mehreren Pflanzen	+	0	15—24
1955	1956	1	+	0	29—37 ↑
1955	1956	Sporengemisch aus mehreren Pflanzen	+	0	29—37 ↓
(1954)	1955	1	+	0	12
1955	1956	Sporengemisch aus mehreren Pflanzen	+	0	29—37

gangs-Wirtsart gelang, daneben wurde hier das Keimverhalten des für diese Infektionen verwendeten Ausgangsmaterials angeführt. In keinem Fall wurde, wie ersichtlich, die Temperaturabhängigkeit der Keimung durch die Übertragung auf einen anderen Wirt verändert. Formen, die nur bei 2—5 ° C, nicht aber bei 15—18 ° C keimfähig waren, konnten auch nach Passage durch einen anderen Wirt weiterhin nur bei tiefer Temperatur zur Keimung (Sporidienbildung) gebracht werden, während umgekehrt die beiden Arten des gewöhnlichen Steinbrandes (*T. caries* und *T. foetida*) auch nach Übertragung auf Roggen bei 15—18 ° C keimfähig blieben und sich so sicher von allen geprüften echten Roggensteinbrand-Herkünften unterschieden, die, wie bereits in Tabelle 1 gezeigt wurde, nur bei 2—5 ° C keimten.

Anders verhält es sich anscheinend mit der Keimgeschwindigkeit. Bereits ÖZKAN (7) stellte fest, daß sich die Keimgeschwindigkeit von Weizensteinbrand-Stämmen bei Passage über verschiedene Weizensorten ändern kann. Auch aus der Tabelle 2 ist etwas Ähnliches zu entnehmen. Bei *T. foetida* und *T. caries* blieb zwar neben der Temperaturabhängigkeit der Keimung auch die Keimgeschwindigkeit nach Übertragung auf Roggen fast unverändert, so daß hier die Beobachtungen von PICHLER (64) über eine Veränderung des Keimverhaltens nicht bestätigt werden konnten; bei anderen Herkünften aber begann nach Übertragung auf einen anderen Wirt die Sporenkeimung verzögert (Roggensteinbrand/Weizen, *A. cristatum*/Weizen, *H. murinum*/Weizen) oder war im Vergleich zum Sporenmaterial vom Ausgangswirt beschleunigt (*H. bulbosum*/Gerste, *H. murinum*/Gerste, *A. repens*/Roggen, Weizenzwergsteinbrand/*Festuca*).

Auch hier ist aber zu berücksichtigen, daß die Ergebnisse dieser Vorversuche wegen methodischer Unzulänglichkeiten (Aufeinanderfolge der Ablesungen, Parallelversuche, Infektionen z. T. mit Sporengemisch, teilweise verschieden altes Sporenmaterial) vorerst nicht voll gesichert sind. Da die Möglichkeit einer Änderung der Keimgeschwindigkeit und damit auch der Biologie bei Übergang einer Brandart auf einen neuen Wirt für die Frage der Entstehung neuer Brandformen nicht ohne Bedeutung ist, erscheinen weitere Untersuchungen hierzu erforderlich.

V. Sporenmessungen

A. Maschengröße und -zahl

Die Unterscheidung der beiden Arten *T. caries* und *T. foetida* beim Weizensteinbrand gründet sich vor allem auf die Beschaffenheit der Sporenoberfläche. Diese ist bei *T. foetida* glatt, bei *T. caries* mit netzförmig angeordneten Leisten bedeckt. Eine weitere Aufteilung der *T. caries*-ähnlichen Formen auf Grund unterschiedlicher Maschengröße wurde von GASSNER (25) und SAVULESCU (74, 75) versucht, wobei die Formen mit sehr vielen und kleinen Maschen von GASSNER als *T. tritici* forma *intermedia*, von SAVULESCU als *T. intermedia* bezeichnet wurden. Allerdings stimmen die

Angaben beider Autoren über die Maschenzahl dieser Form nicht ganz überein. Auch in anderen taxonomischen Arbeiten über die Gattung *Tilletia* und über den Zwergsteinbrand (20, 53, 58, 90, 95) werden zumeist Angaben über die Maschengröße gemacht, ohne daß diesem Merkmal im allgemeinen große systematische Bedeutung beigemessen wird.

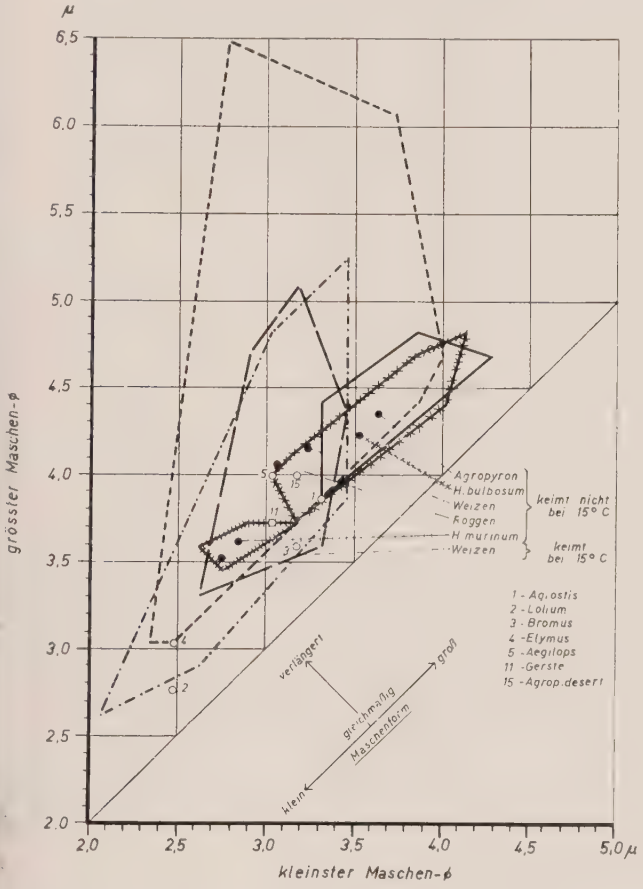


Abb. 1. Maschengröße der *Tilletia*-Herkünfte. Erläuterungen im Text

Eine Zusammenfassung eigener Messungen der Maschengröße von netzsporigen *Tilletia*-Herkünften wird in Abbildung 1 gegeben. Unter den Herkünften von Weizen (Nr. 38—107) hatten die Herkünfte Nr. 82 bis 107, die alle zur bei 15° C keimfähigen Gruppe gehören (vgl. Tabelle 1, Seite 121), glatte Sporen ohne Netzleisten und waren damit eindeutig der Art *T. foetida* zuzuordnen. Ebenfalls zeigte die Herkunft Nr. 19 — aus Infektionen von *Agropyron cristatum* mit *T. foetida* stammend — glatte Sporen. Diese Proben bleiben hier unberücksichtigt. Nicht bei der Zusammenfassung berücksichtigt wurden außerdem die netzsporigen Herkünfte Nr. 52 (nicht keimfähig) und Nr. 69[1]) von Weizen sowie die Herkunft Nr. 18 (aus Infektionen von *Agropyron cristatum* mit *T. caries* stammend). Von den übrigen Herkünften wurden jeweils nur die normal ausgebildeten und gefärbten, nicht aber die z. T. in den Proben vorhandenen hyalinen, genetzten Sporen gemessen, die anscheinend eine Übergangsform zwischen den glatten, hyalinen Sporen („sterile Zellen") und normalen Sporen darstellen.

[1]) Diese als Zwergsteinbrand eingeschickte Probe wurde in Form loser Brandbutten zugesandt. Die Keimprüfung und mikroskopische Untersuchung läßt jedoch vermuten, daß eine Verunreinigung mit *T. caries* vorlag. Auch in den weiteren Untersuchungen wurde die Herkunft daher nicht mitberücksichtigt.

Abb. 2. Beispiele unterschiedlicher Maschengröße und -form

Jeweils die Herkünfte von der gleichen Wirtsart sind in der Abb. 1 in Gruppen zusammengefaßt. Die Lage des mittleren größten und kleinsten Maschendurchmessers der einzelnen Herkünfte im Diagramm ist dabei durch den umrandeten Bereich, der Gesamtmittelwert jeder Gruppe durch einen Punkt oder — sofern nur eine Herkunft von einer Wirtsart gemessen wurde — durch einen Kreis eingetragen.

Maschenmittelwerte, die im Diagramm dicht neben der eingezeichneten Diagonale liegen, geben an, daß die Maschen verhältnismäßig isodiametrisch in der Form waren; Werte, die hiervon weit entfernt liegen, bezeichnen Herkünfte mit stark verlängerten Maschen. Solche schmalen, langgestreckten Maschen können auftreten, wenn die Leisten auf der Sporenoberfläche unvollständig ausgebildet sind; es entstehen dann lange, bandförmige oder rechteckige Maschen von 8—11 μ Länge, ja, teilweise erstrecken solche Maschen sich über den ganzen Sporendurchmesser oder sind spiralig ausgebildet. Derartig unvollständig ausgebildete Maschen wurden besonders oft bei *Tilletia*-Herkünften von Weizen und Roggen gefunden (Abb. 2 c). Die Maschen der Herkünfte von den Gräsern *Agropyron, Hordeum bulbosum* und *H. murinum* waren hingegen alle verhältnismäßig isodiametrisch, so daß der Streubereich sich bei ihnen mehr parallel zur Diagonale hinzieht. Da der größere Durchmesser der Maschen somit besonders stark variieren kann, erscheint zur Kennzeichnung der Maschengröße vor allem der kleinere Maschendurchmesser geeignet.

Nach der Lage der Gesamtmittelwerte lassen sich in Abb. 1 die Proben von *Lolium* (Nr. 2) und *Elymus* (Nr. 4) mit sehr kleinen Maschen (um 2,5 μ) ziemlich deutlich gegen die anderen Herkünfte abgrenzen, unter denen die Proben von *Hordeum bulbosum* und von *Agropyron* sp.[1]) besonders große Maschen (um 3,5 μ) besitzen. Berücksichtigt man auch die Streuung der einzelnen Herkünfte um diese Mittelwerte, so sind nur die Proben von *Hordeum bulbosum* und von *Agropyron* sp. einigermaßen sicher gegen die von *Hordeum murinum*

[1]) Alle Herkünfte von *Agropyron* sind in dieser und den weiteren Abbildungen als „bei 15 ° C nicht keimfähig" eingruppiert, obwohl die Temperaturabhängigkeit des Keimverhaltens hier nicht in allen Fällen geprüft werden konnte.

abzugrenzen. Die Formen von Weizen und von Roggen zeigen eine derartig große Streuung, daß sie sich gegenseitig weitgehend überlagern und daher auf Grund der Maschengröße nicht voneinander zu unterscheiden sind. Wie schon KÜHN (51, 52) angibt, hat der Roggensteinbrand zumeist kleinere Maschen als der Brand von *Agropyron;* die Angabe von VOLKART (84) hingegen, daß die Maschen beim Roggensteinbrand auch kleiner als beim gewöhnlichen Steinbrand sind, ließ sich nicht bestätigen. Einige Beispiele für die verschiedene Ausbildung der Maschen zeigt Abb. 2.

An Stelle der Maschengröße läßt sich auch die Z a h l der auf der sichtbaren Sporenoberfläche auszuzählenden Maschen taxonomisch verwerten, da sie von der Maschengröße — daneben allerdings auch von der Sporengröße — abhängig ist. Die Herkünfte mit den größten Maschen zeigen dabei die geringste Maschenzahl und umgekehrt (Abb. 3). Eine besonders niedrige Maschenzahl (Mittelwerte der Herkünfte zwischen 13 und 26) ergab sich bei den verschiedenen *Agropyron*-Arten; das andere Extrem war die Herkunft von *Elymus* mit einer mittleren Maschenzahl von 52.

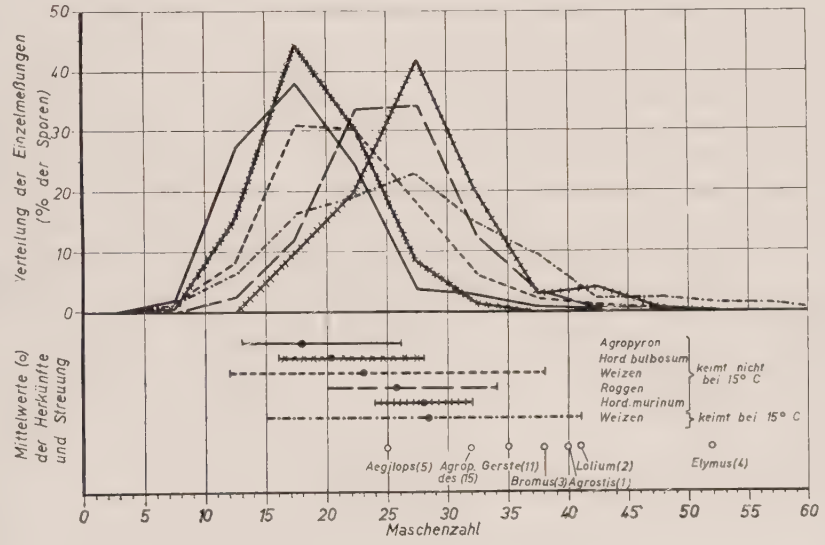


Abb. 3. Maschenzahl der *Tilletia*-Herkünfte

Von Interesse war die Beobachtung, daß anscheinend die spezifische Größe und Zahl der Maschen auch bei Übertragung einer Steinbrandform auf einen anderen Wirt erhalten bleibt. So entsprachen die von Roggen, der mit Brand von *Agropyron* infiziert worden war, erhaltenen beiden Sporenproben (Nr. 24) mit einer mittleren Maschengröße von 4,6 × 3,6 μ bzw. 4,4 × 3,9 μ und Maschenzahlen von 17 bzw. 16 den Ausgangsherkünften von *Agropyron* und lagen außerhalb des Streubereiches der echten Roggensteinbrandherkünfte. Ebenso ähnelt die in den Diagrammen nicht mit einge-

tragene Probe Nr. 18, die von mit *T. caries* infizierten *Agropyron*-Pflanzen stammte, mit einer mittleren Maschenzahl von 31 und einer Maschengröße von 3,2 × 2,4 μ weiterhin den *T. caries*-Herkünften und war schon auf Grund dieser Merkmale deutlich von den anderen *Agropyron*-Herkünften zu unterscheiden.

In der Abbildung 3 ist nicht nur der Gesamtmittelwert und die Streuung der einzelnen Mittelwerte für die Herkünfte von verschiedenen Wirtspflanzen. sondern auch die Verteilung der Einzelmessungen eingetragen. Hier ist — wie zu erwarten — kein klares Bild zu gewinnen, da sich die Kurven, wenn auch die Maxima oft deutlich gegeneinander verschoben sind, vielfach überschneiden. In allen Herkünften können immer vereinzelt Sporen mit sehr wenigen Maschen (5—14) wie auch solche mit sehr vielen Maschen (35 bis über 100) vorkommen. Im großen gesehen liegen einmal etwa die Kurven der Herkünfte von *Agropyron* und *Hordeum bulbosum*, zum anderen die von *Hordeum murinum* und Weizen (*T. caries*) zusammen. Der Weizenzwergsteinbrand und der Roggensteinbrand nehmen eine mittlere Stellung ein.

Bei Weizenherkünften (besonders in den bei 15 ° C keimfähigen Proben), bei Roggensteinbrand und z. T. auch bei Brand von *Hordeum bulbosum* konnten in einigen Herkünften ganz vereinzelt Sporen mit sehr vielen (über hundert) kleinen Maschen (Maschengröße etwa 1 μ) gefunden werden, die damit dem *intermedia*-Typ von GASSNER (25) entsprechen (Abb. 2 e). Auffällig war allerdings, daß unter allen Proben keine war, die solche Sporen vorwiegend oder in größerer Zahl enthielt. Interessant war ferner die Beobachtung, daß bei einigen *Tilletia*-Proben von Roggen sowie bei einigen bei 15 ° keimfähigen Proben von Weizen die auf der Sporenoberfläche durch die dicken Netzleisten gebildeten, deutlich erkennbaren Felder noch wieder durch feine Nebenleisten in drei bis viele sehr kleine Felder unterteilt waren (Abb. 2 d). Der Wabengrund erschien daher bei diesen Sporen fein-porös. Derartige Sporen nehmen demnach eine gewisse Übergangsstellung zwischen normal genetzten Sporen und dem *intermedia*-Typ ein, wie ein Vergleich mit den von GASSNER (25) und SAVULESCU (75) gegebenen Abbildungen zeigt. Da diese Struktur des Wabengrundes von mir bisher nur für wenige Herkünfte sicher beobachtet werden konnte, bei anderen Proben aber mit der verfügbaren optischen Ausrüstung nicht genau festzustellen war, läßt sich vorerst nicht sagen, wie weit diese Eigenart verbreitet ist und ob sie als systematisches Merkmal verwertet werden kann. Weitere Untersuchungen hierzu sind erforderlich.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß — abgesehen vom glattsporigen Weizensteinbrand, der auf Grund der fehlenden Netzleisten sicher als *T. foetida* abzutrennen ist — auch zwischen den netzsporigen Steinbrandsporen hinsichtlich der Maschengröße bzw. Maschenzahl Unterschiede bestehen. Diese sind zwar zumeist nicht so ausgeprägt, daß nur auf Grund dieses einen Merkmals eine sichere systematische Unterteilung durchgeführt werden kann, zusammen mit anderen Eigenschaften können sie jedoch durchaus zur systematischen Einordnung und Unterscheidung der einzelnen *Tilletia*-Arten herangezogen werden.

B. Sporengröße

Die Sporengröße ist — da am leichtesten durch einen Zahlenwert zu kennzeichnen — ein wichtiges systematisches Merkmal in der Literatur über die Gattung *Tilletia*. Für die Brandarten von *Agrostis* (*T. decipiens*), *Bromus* (*T. Guyotiana*), *Elymus* (*T. Bornmülleri*) und Gerste (*T. Pancicii*) werden dabei im allgemeinen große Sporen angegeben (10, 20, 50, 53, 58, 76, 90, 95); die übrigen hier untersuchten Formen werden als verhältnismäßig kleinsporig beschrieben. Die eigenen Messungen hierzu sind in Abb. 4 wiedergegeben.

Verhältnismäßig sicher ließen sich danach die Formen von *Agrostis* (Nr. 1), *Bromus* (Nr. 3), *Agropyron desertorum* (Nr. 15), *Elymus* (Nr. 4) und Gerste (*T. Pancicii*, Nr. 11), deren Sporen größer als 19,0 × 17,4 μ waren, gegen die übrigen Formen abgrenzen, bei denen die mittlere Sporengröße der einzelnen Herkünfte unter 18,5 × 17,6 μ lag. Nur bei den glattsporigen *T. foetida*-Formen von Weizen kamen auch Herkünfte mit stark ovalen bis verlängerten Sporen vor, so daß der Mittelwert des größten Sporendurchmessers hier z. T. bei einigen Formen bis 20,7 μ betrug. Die ovale bzw. unregelmäßig verlängerte Sporenform dieser Art — wie übrigens auch der Herkunft Nr. 4 von *Elymus* — ergibt sich auch aus der Lage des Gesamtmittelwertes, der in dem Diagramm weit von der eingetragenen Diagonale entfernt bei 17 × 14,8 μ liegt.

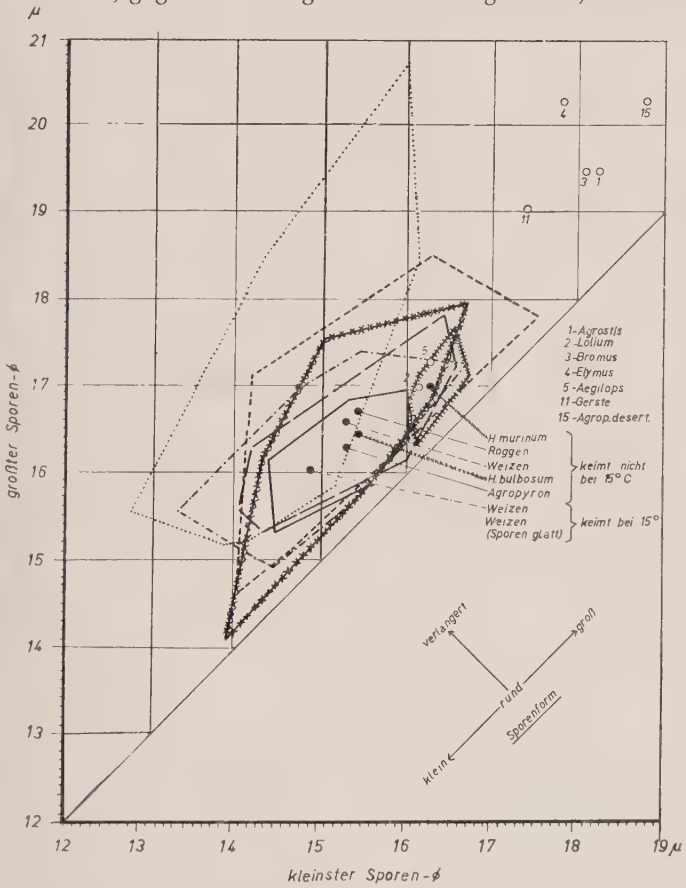


Abb. 4. Sporengröße der *Tilletia*-Herkünfte. Umrandet — Streubereich der Herkünfte (Mittelwerte). ○ — Mittelwert von Formen, bei denen nur eine Herkunft gemessen wurde. ● — Gesamtmittelwert bei Messung mehrerer Herkünfte von der gleichen Wirtsart

Unter den Formen mit kleinen Sporen sind lediglich die Herkünfte von *H. murinum* auf Grund

der Sporengröße einigermaßen sicher gegen die Brandformen von *Agropyron* sp. und gegen den glattsporigen Weizensteinbrand abzugrenzen. Bei den übrigen Formen ist der Streubereich der einzelnen Mittelwerte von verschiedenen Herkünften sehr groß und überschneidet sich weitgehend. Es läßt sich zwar erkennen, daß die Formen von Roggen, von *Hordeum bulbosum* und der Weizenzwergsteinbrand fast den gleichen Gesamtmittelwert wie der Brand von *Agropyron* haben (um 16,5 × 15,5 μ), während die Sporen beim gewöhnlichen, netzsporigen Weizensteinbrand — wie auch aus der Literatur (88) bekannt — zumeist etwas kleiner sind. Systematisch ist dies jedoch von geringerer Bedeutung, da die Sporengröße bei verschiedenen Herkünften zu stark variiert.

Die im Diagramm eingetragene Streuung gibt nur die Variationsbreite der Mittelwerte (jeweils aus 20 Sporenmessungen) der Herkünfte. Würde man darüber hinaus auch die Streuung aller Einzelsporenmessungen mit eintragen, so wäre natürlich der Streubereich noch wesentlich größer, da in allen Herkünften sowohl sehr große (über 20 μ) wie auch sehr kleine Sporen (12—13 μ) vorkommen können.

C. Schleimhülle und Leistenhöhe

Auf das Vorhandensein einer Schleimhülle beim Zwergsteinbrand wurde erstmalig von WARMBRUNN (88) hingewiesen. FISCHER (19) wertete diese Eigenart als Hauptunterscheidungsmerkmal des Weizenzwergsteinbrandes vom gewöhnlichen Weizensteinbrand (*T. caries*) und wies nach, daß Sporen mit ähnlich hoher Schleimhülle auch bei Brandherkünften von verschiedenen Wildgräsern (z. B. *Agropyron*) vorkommen.

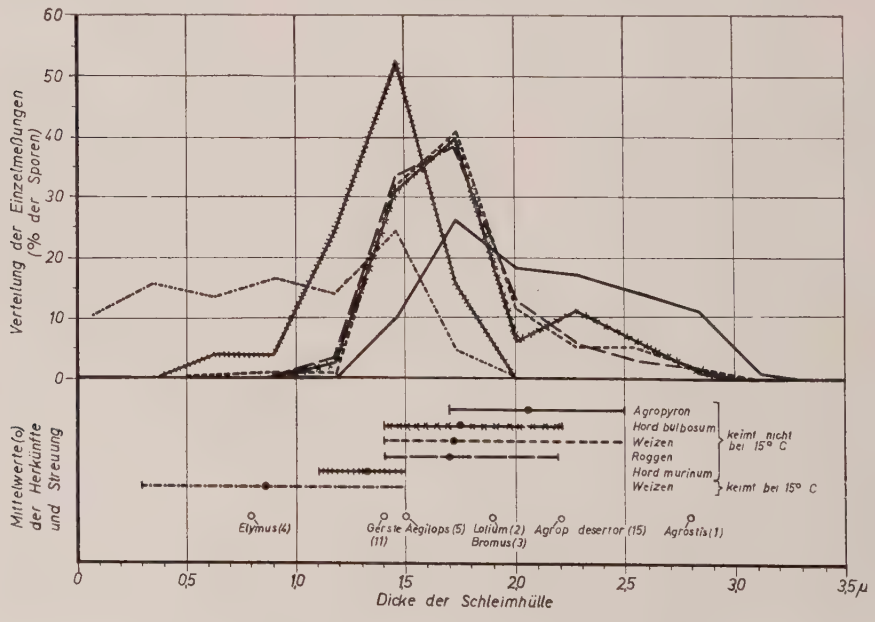
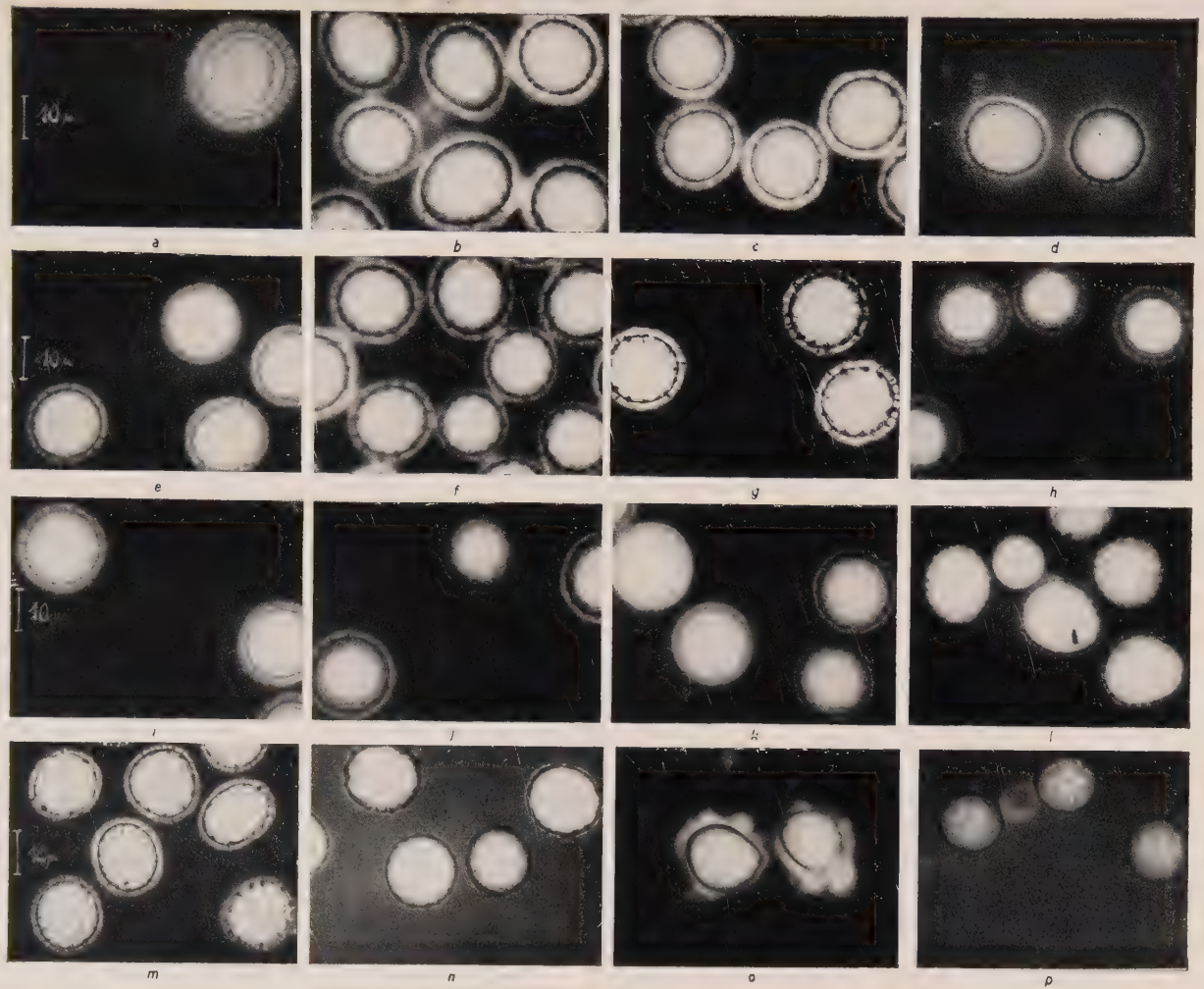


Abb. 5. Dicke der Schleimhülle bei *Tilletia*-Herkünften



a — Nr. 1 von *Agrostis;*
b — Nr. 15 von *Agrop. desertorum;*
c — Nr. 24 von *Agrop. repens;*
d — Nr. 3 von *Bromus;*
e — Nr. 2 von *Lolium;*
f — Nr. 7 von *Hord. bulbosum;*
g — Nr. 54 von Weizen (Zwergsteinbrand);
h — Nr. 32 von Roggen;
i — Nr. 5 von *Aegilops;*
j — Nr. 11 von Gerste;
k — Nr. 10 von *Hord. murinum;*
l — Nr. 4 von *Elymus;*
m — Nr. 79 von Weizen (*T. caries*).
n — Nr. 72 von Weizen (*T. caries*);
o — Nr. 92 von Weizen (*T. foetida*, mit aureolenförmig. Schleimhülle);
p — Nr. 106 von Weizen (*T. foetida*, ohne Schleimhülle)

Abb. 6. Ausbildung der Schleimhülle bei einigen *Tilletia*-Arten. Tuschepräparate

Die eigenen Untersuchungen an Steinbrandherkünften sind in Abb. 5 zusammengefaßt; Abb. 6 zeigt weiterhin einige Beispiele für die unterschiedliche Ausbildung der Schleimhülle. Die stärkste Schleimhülle war, in Übereinstimmung mit den Angaben anderer Autoren (20, 50, 52, 58, 90, 95), bei der von *Agrostis* stammenden Brandherkunft festzustellen (Mittelwert 2,8 μ), dann folgten die Herkünfte von *Agropyron* sp. mit Mittelwerten zwischen 1,7 und 2,5 μ. Die Herkünfte von Roggen, dem Weizenzwergsteinbrand (bei 15 ° nicht keimfähige Herkünfte) und von *Hordeum bulbosum* lassen sich an Hand der Schleimhülle, deren Dicke im Mittel um 1,7—1,8 μ liegt, nicht unterscheiden. Etwa im gleichen Bereich wie diese Gruppe und der Brand von *Agropyron* waren die Proben von *Lolium* (Nr. 2), *Bromus* (Nr. 3) und *Agropyron desertorum* (Nr. 15) einzuordnen. Am schwächsten war die Schleimhülle bei den Herkünften des gewöhnlichen Weizensteinbrandes (bei 15 ° keimfähige Herkünfte) ausgebildet. Es war aber auch hier — wie Abb. 6 n zeigt — in allen Herkünften zumindest bei einem Teil der Sporen eine Schleimhülle vorhanden, die bei einigen Proben sogar so dick war (Abb. 6 m) wie bei Zwergsteinbrandherkünften mit schwach ausgebildeter Schleimhülle (Abb. 6 g).

Es ist demnach nicht so, daß das Vorhandensein oder gänzliche Fehlen der Schleimschicht eine Zuordnung von Steinbrandherkünften zum Zwergsteinbrand oder gewöhnlichen Steinbrand erlaubt, sondern es sind nur quantitative Unterschiede in der Ausbildung der Schleimhülle vorhanden. Immerhin kann man nach den vorliegenden Untersuchungen aber Herkünfte des Zwergsteinbrandes und des gewöhnlichen Steinbrandes zumeist allein nach der Stärke der Schleimschicht mit einiger Sicherheit gegeneinander abgrenzen, da in dem verfügbaren Material beim Zwergsteinbrand der Mittelwert in allen Fällen über 1,4 μ, beim gewöhnlichen Steinbrand unter 1,5 μ lag. Herkünfte allerdings, deren Schleimhüllendicke gerade in diesem Grenzbereich von 1,4—1,5 μ lag, waren so nicht zu bestimmen. Hierzu gehörten von 43 Proben von Weizen, die bei 15 °C nicht keimfähig waren, 17 Proben; von 22 bei 15 °C keimfähigen Proben von Weizen 3 Proben.

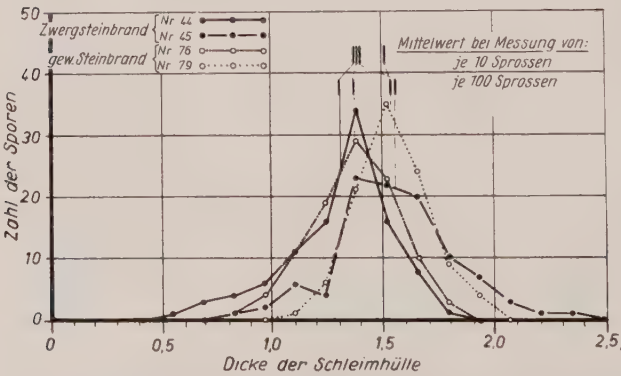


Abb. 7. Dicke der Schleimhülle bei je zwei Herkünften des Weizenzwergsteinbrandes und des gewöhnl. Steinbrandes (*T. caries*). Messung an je 100 Sporen

Um zu prüfen, ob diese Überschneidung zwischen beiden Formen in dem Grenzbereich von 1,4 bis 1,5 μ nicht etwa auf eine Ungenauigkeit der Mittelwerte (Messungen an nur 10 Sporen jeder Herkunft) zurückzuführen ist, wurden an einigen Herkünften weitere Messungen an je 100 Sporen

durchgeführt. Es wurden hierbei etwa die gleichen Mittelwerte erhalten, wie bei Auswertung von nur 10 Sporen je Herkunft (Abweichung etwa ± 0,10 μ); die Genauigkeit der Messung von 10 Sporen kann daher für den vorliegenden Zweck als ausreichend angesehen werden. Wie sich aus Abb. 7 ergibt, waren auch bei Messungen an 100 Sporen die Mittelwerte der nach Herkunft und Keimverhalten (siehe Tabelle 1) zum Zwergsteinbrand zu rechnenden Herkünfte Nr. 44 und 45 kleiner oder etwa so groß wie bei den Herkünften des gewöhnlichen Steinbrandes (Nr. 76 und 79). Diese Formen, die auf Grund ihres Keimverhaltens als verschieden angesehen werden müssen, können demnach morphologisch nach der Ausbildung der Schleimhülle nicht immer unterschieden werden.

Eine ähnliche Überschneidung wie zwischen Weizenzwergsteinbrand und dem gewöhnlichen Weizensteinbrand kann bei Auswertung der Schleimhüllendicke auch zwischen letzterem und dem Roggensteinbrand oder dem Brand von *Hordeum bulbosum* auftreten; denn auch hier können — wie Abb. 5 zeigt — Formen mit einer nur 1,4—1,5 μ dicken Schleimhülle vorkommen. Auch hier wird es daher nicht immer möglich sein, nur auf Grund dieses Merkmals diese Formen gegen den gewöhnlichen Steinbrand abzugrenzen.

Ähnlich schwach wie beim gewöhnlichen Weizensteinbrand ist die Schleimhülle beim Brand von *Elymus* (Nr. 4) und von *Hordeum murinum* ausgebildet. Diese letzte Form ist daher nicht, wie bisher angegeben (Bubak 11, Liro 53), mit dem Brand von *Hordeum bulbosum* identisch, sondern deutlich von diesem zu trennen. Die Schleimhüllendicke bei Gerstensteinbrand (*T. Pancicii*, Nr. 11) und beim Brand von *Aegilops* (Nr. 5) liegt in dem Grenzbereich zwischen Zwergsteinbrand und gewöhnlichem Steinbrand; diese Formen sind daher nach Messungen an nur einer Herkunft vorerst nicht einzuordnen.

Die hier gegebene Abgrenzung der einzelnen Formen gegeneinander läßt sich nur durchführen, wenn man die Mittelwerte für die Dicke der Schleimhülle bei den einzelnen Herkünften auswertet. Berücksichtigt man auch die Verteilung der Einzelmessungen, die im oberen Teil der Abb. 5 eingetragen wurden, so ist die Überschneidung der verschiedenen Kurven sehr groß, denn die Dicke der Schleimhülle kann bei Sporen aus verschiedenen Herkünften von der gleichen Wirtspflanze in weiten Grenzen schwanken. Einzelne Sporen, wie sie etwa bei Auswaschungen aus Saatgutproben (16, 32, 67) erhalten werden, lassen sich daher nie einer bestimmten Art (Zwergsteinbrand, gewöhnlicher Steinbrand) zuordnen.

In Abbildung 5 sind nur die netzsporigen *Tilletia*-Herkünfte berücksichtigt. Von Prof. Gassner wurde jedoch in seinen letzten Untersuchungen (unveröffentlicht) festgestellt, daß auch bei *T. foetida* eine Schleimhülle auftreten kann (Abb. 6 o). Sie ist nur im Tuschepräparat (nicht in Wasser oder Chloralhydrat) zu erkennen und sieht wesentlich anders aus als der scharfbegrenzte, gleichmäßig ausgebildete Schleimkranz der netzsporigen Formen. Gassner bezeichnete diese unregelmäßig ausgebildete Schleimschicht bei

T. foetida als aureolenförmig. Eigene weitere Untersuchungen des GASSNERschen Materials zeigten, daß diese Schleimhülle bei *T. foetida* nicht in allen Fällen vorhanden ist. Von 30 untersuchten Proben war sie bei 27 zu erkennen. Zumeist war allerdings immer nur ein Teil der Sporen einer Probe (einige Prozent bis etwa 70 %) mit einem solchen Schleimhof versehen (Abb. 8 u. 6 p).

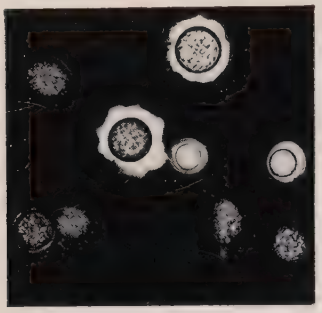


Abb. 8. Aureolenförmige Schleimhülle bei *T. foetida*. Tuschepräparat. (Aufnahme aus dem Nachlaß G. GASSNERS *Photo Rapsch*)

Meine Untersuchungen stehen in einem gewissen Gegensatz zur Ansicht von FISCHER (19), der angibt, daß beim gewöhnlichen, netzsporigen Steinbrand (*T. caries*) keine Schleimschicht auftritt. Auch Herr Dr. CONNERS, Kanada, teilte mir brieflich mit, daß er bei einem Teil der von ihm untersuchten Roggensteinbrandproben keine Schleimhülle sondern nur sehr hohe Leisten feststellen konnte. Es wurde daher nochmals im Tuschepräparat überprüft, ob es sich bei der von mir als Schleimhülle angesprochenen Schicht tatsächlich in allen Fällen um einen Schleimkranz und nicht etwa um eine Täuschung durch die außerhalb der Bildebene befindlichen, schwach durchscheinenden Leisten handelt. In allen Fällen — mit Ausnahme der unten aufgeführten Proben aus Herkunft Nr. 24 — konnte dabei festgestellt werden, daß die kleinen, in Brownscher Molekularbewegung befindlichen Tuschepartikel niemals in diese helle Schleimschicht eindringen sondern immer daran zurückprallen. Es handelt sich demnach tatsächlich um eine echte Schleimschicht. Auf das Vorhandensein einer solchen Schleimhülle bei *T. tritici* und *T. triticoides* weist im übrigen auch SAVULESCU (74) neuerdings hin.

Auffällig war, daß beim Roggensteinbrand — nicht ganz so stark auch beim Brand von *Bromus* und *Hordeum bulbosum* — diese Schleimhülle (besonders deutlich bei Untersuchung in Wasser) leicht gelblich gefärbt war, während sie bei Brandherkünften von *Agropyron* und Weizen leuchtend hell erschien. Das ist auch in Abb. 6 f u. h etwas zu erkennen. Die Gelbfärbung war bei allen untersuchten Roggensteinbrandproben vorhanden, sie fehlte aber in den Proben Nr. 24, die aus Infektionen des Roggens mit *Agropyron*-Brand erhalten worden waren. Eine weitere Untersuchung in Tusche ergab, daß bei dieser Herkunft überhaupt keine Schleimschicht ausgebildet war, wohl aber waren die etwa 1,4—2,5 μ hohen Leisten (Mittelwert 1,7—1,8 μ) deutlich zu erkennen. Während Roggensteinbrand und Weizenzwergsteinbrand somit auf Grund der Höhe der Schleimschicht nicht zu unterscheiden sind, bildet die Färbung des Schleims ein gewisses, wenn auch nicht sehr sicheres Unterscheidungsmerkmal zwischen beiden.

In die Schleimschicht ragen die auf der Sporenoberfläche befindlichen L e i s t e n hinein. Ein genaue Betrachtung zeigte dabei, daß im allgemeinen die Leisten etwa so hoch waren wie die Schleimhülle, gelegentlich allerdings traten auch in mehr oder minder großer Zahl Sporen auf, bei denen die

Schleimhülle wesentlich dicker war als die Höhe der Leisten. Hierauf weisen Fischer (19) und Conners (14) ausdrücklich hin und werten diese Eigenart sogar als eines der Hauptmerkmale für die Abgrenzung des Zwergsteinbrandes gegenüber dem gewöhnlichen Weizensteinbrand. Vergleicht man die Messungen der Schleimschichtdicke (Abb. 5) mit den für die Leistenhöhe (Abb. 9) erhaltenen Werten, so ist auch hier zu erkennen, daß im Mittel die Werte für die Leistenhöhe etwas niedriger lagen als die für die Schleimschicht; zur Unterscheidung verschiedener Arten scheint mir dies jedoch kaum verwertbar.

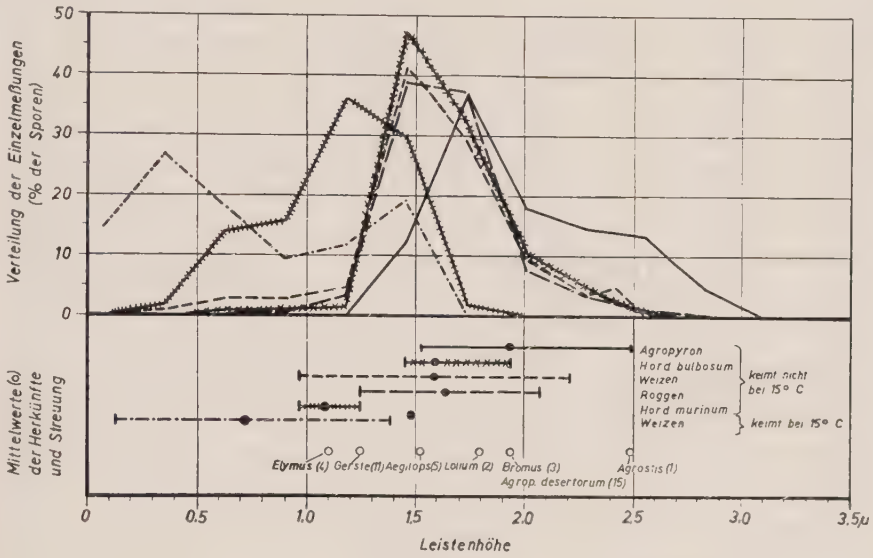


Abb. 9. Höhe der Netzleisten bei *Tilletia*-Herkünften

Die Leistenhöhe geht, wie ein Vergleich beider Abbildungen erkennen läßt, der Dicke der Schleimschicht etwa parallel; zur Kennzeichnung einer Herkunft kann man daher entweder den einen oder den anderen Wert verwenden. Da der Schleimring sich etwas leichter und sicherer messen läßt als die in ihn hineinragenden Leisten, und bei Auswertung der Leistenhöhe außerdem, wie Abb. 9 zeigt, die Überschneidungen zwischen Zwergsteinbrand und gewöhnlichem Steinbrand größer sind, ist im allgemeinen die Messung der Schleimschicht vorzuziehen.

Von Interesse ist, daß die Kurve der Einzelmessungen der Leistenhöhe (Abb. 9) für die bei 15 °C keimfähigen Proben von Weizen (also die *T. caries*-Formen) zwei Maxima bei 0,3 μ und bei 1,45 μ aufweist. Angedeutet ist dies auch bereits aus der Kurve für die Dicke der Schleimschicht (Abb. 5) zu erkennen. Das erste Maximum bei 0,3—0,4 μ (vgl. Abb. 6 n) entspricht etwa der von Savulescu (74, 75) als eigene Art (*T. triticoides*) beschriebenen Form, für die dieser eine Leistenhöhe von 0,4—0,5 μ angibt. Das zweite Maximum (vgl. Abb. 6 m) liegt zwischen der Leistenhöhe von

T. triticoides und dem Wert der von SAVULESCU (74, 75) als *T. tritici* forma *typica* bezeichneten Art, die — ähnlich wie der Zwergsteinbrand — eine Leistenhöhe von 1,66—2 μ haben soll. Die beiden von SAVULESCU unterschiedenen Arten des gewöhnlichen, netzsporigen Steinbrandes sind demnach durch Übergangsformen verbunden und durchaus nicht so klar gegeneinander abgegrenzt, wie SAVULESCU annimmt. Eine Bevorzugung der einen oder anderen Form in bestimmten Gebieten konnte von mir nicht festgestellt werden, da sowohl aus der Türkei wie aus Mitteleuropa Formen mit verhältnismäßig hohen (bis 1,5 μ), wie auch solche mit niedrigen Leisten ($< 0{,}5\ \mu$) gefunden wurden. Herkünfte des gewöhnlichen Steinbrandes mit höheren Leisten als 1,5 μ, wie sie SAVULESCU (74) für Rumänien angibt, wurden von mir nicht beobachtet.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß — sofern man nur die von mir durchgeführten Untersuchungen berücksichtigt — die Leistenhöhe und vor allem die Höhe der Schleimschicht die Abgrenzung zweier Gruppen unter den Brandherkünften gestattet, von denen die erste Gruppe — *T. caries* und die Herkünfte von *Hordeum murinum* und *Elymus* — eine Schleimschicht aufweist, die niedriger als 1,5 μ ist; die übrigen Formen zeigen im allgemeinen Sporen mit höheren Schleimschichten als 1,4 μ. Zwischen beiden Gruppen können vereinzelt Übergangsformen mit Schleimschichten von 1,4—1,5 μ mittlerer Dicke auftreten. Versucht man allerdings, die von SAVULESCU (74) veröffentlichten Untersuchungen mit diesem Ergebnis in Einklang zu bringen, so ergeben sich große Schwierigkeiten, auf die im abschließenden Abschnitt IX noch näher einzugehen sein wird.

VI. Sporidienform

Die bisher vorliegenden taxonomischen Untersuchungen über die Gattung *Tilletia* berücksichtigen zumeist nur Form und Größe der Brandsporen, nicht aber die Ausbildung der weiteren Keimungsstadien wie Promyzel, Primärsporidien oder Sekundärsporidien. Nur von HOLTON (37) wurden bisher Abbildungen der Keimung des Zwergsteinbrandes gegeben; FISCHER (20) zeigt die Sporenkeimung von *T. Guyotiana*; BREFELDT (6), MIGULA (58) und LIRO (53) machen Angaben über die Sporidienform der Brandarten von *Agropyron* (*T. controversa*), *Agrostis* (*T. decipiens*) und *Lolium* (*T. Lolii*). Im folgenden mag daher kurz auf die Morphologie dieser Keimungsstadien eingegangen werden.

Abbildung 10 zeigt die Ausbildung des Promyzels und den Sporidienansatz bei der Keimung zweier Proben des Zwergsteinbrandes und des Roggensteinbrandes. Im wesentlichen ähneln die Bilder der bekannten Keimung des gewöhnlichen Steinbrandes. Hervorgehoben sei nur, daß die Sporidien — wie übrigens auch oft beim gewöhnlichen Steinbrand — zumeist an kurzen Verzweigungen oder Ausstülpungen des septierten oder unseptierten Promyzels sitzen. Das entspricht den von HOLTON (37) wieder-

gegebenen Beobachtungen. Teilweise wurden aber auch Sporidien an unverzweigten Promyzelien gebildet.

Bei verschiedenen Formen von *T. caries* fand HOLTON (35) beträchtliche Unterschiede in der Länge des Promyzels. Ob auch hier bei den einzelnen Herkünften von verschiedenen Wirtspflanzen solche Unterschiede in der Ausbildung, Länge oder Form des Promyzels bestehen, ließ sich nicht feststellen, da auf dem für die Keimungsuntersuchungen verwendeten Substrat, dem Schlämmboden, nur bereits abgefallene Sporidien beobachtet und gemessen werden konnten.

Sekundärsporidien konnten vorwiegend bei Herkünften der beiden Arten des gewöhnlichen Weizensteinbrandes, nur ganz vereinzelt auch bei den zwergsteinbrandähnlichen Formen von Weizen, Roggen oder Gräsern, die nur bei 3 ° C keimen, festgestellt werden. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß die Keimversuche zumeist schon vorzeitig abgeräumt und als Inokulum für Infektionen verwendet wurden[1]). Für die vorliegenden taxonomischen Untersuchungen wurde die Ausbildung von Sekundärsporidien daher nicht weiter untersucht. Die Unter-

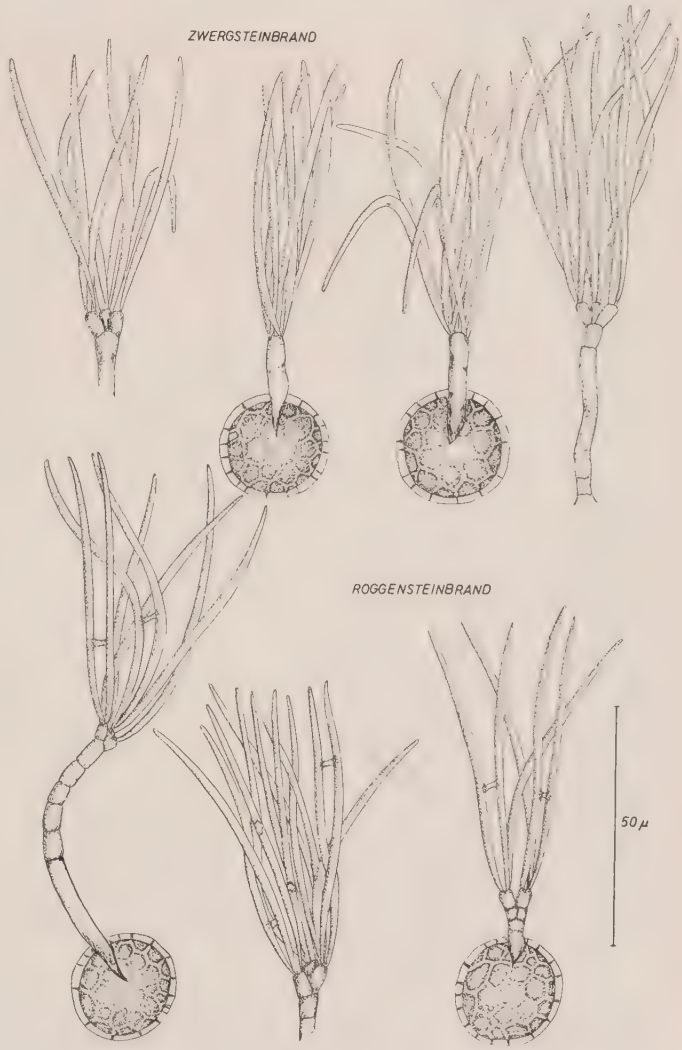


Abb. 10. Sporenkeimung des Zwergsteinbrandes und des Roggensteinbrandes (auf Wasseragar, + 3 ° C, Licht)

[1]) Nach mündlicher Mitteilung konnte Dr. KOBEL-Zürich unter geeigneten Bedingungen auch beim Zwergsteinbrand ohne Schwierigkeit die Bildung von Sekundärsporidien erreichen.

suchungen beschränkten sich somit auf Messungen an bereits abgefallenen, fusionierten Primärsporidien, die in Keimproben von allen Herkünften in mehr oder weniger großer Zahl auftraten.

Unabhängig von der Wirtspflanze, von der die Sporenherkünfte stammten, waren die Fusionsbrücken der Sporidienpaare in allen Fällen in gleicher Weise ausgebildet und etwa von gleicher Länge (etwa 1,5—3 μ). Auch sonst unterschieden sich die Sporidien, wie die Abb. 11 für einige Beispiele aus verschiedenen Herkünften zeigt, kaum.

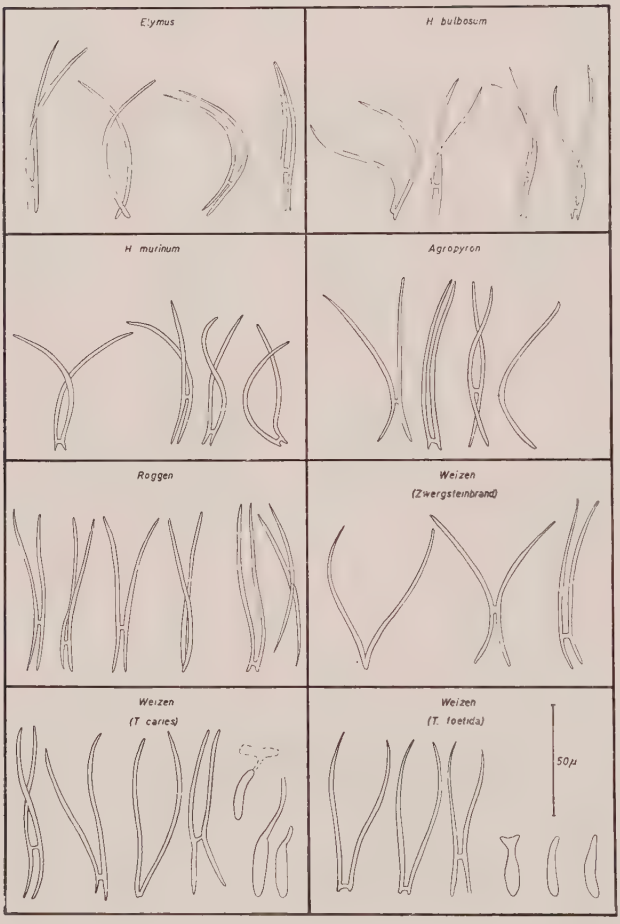


Abb. 11. Sporidienform bei *Tilletia*-Herkünften von verschiedenen Wirtspflanzen

Zumeist waren die Sporidien zur Zeit der Untersuchung schon etwas in Auflösung begriffen und mit mehr oder weniger großen Vakuolen angefüllt. In einigen Fällen waren die Spitzen bereits völlig von plasmatischer Substanz entleert. Eine Septierung der Sporidien konnte in keiner Herkunft — auch nicht bei den von *Agropyron* stammenden Formen — beobachtet werden. Das muß hier ausdrücklich hervorgehoben werden, da BREFELD (6) für die von ihm beobachteten Keimungsstadien von *T. controversa* (und auch für *T. decipiens*) eine Septierung der Sporidien angibt. Möglicherweise handelt es sich bei dieser Beobachtung um Vakuolen in den Sporidien, die bei schwacher mikroskopischer Vergrößerung leicht den Eindruck einer Septierung erwecken können.

Die mittlere Dicke der Sporidien betrug etwa 1,4—2,8 μ; zu den Enden hin waren sie lang zugespitzt. Es scheint, daß bei einigen Formen — so etwa bei den von *H. bulbosum* stammenden Herkünften — die Sporidien in der ganzen Form etwas gedrungener sind, während die Roggenstein-

brandsporidien oft auffallend gerade und gestreckt waren. Mit Sicherheit ließen sich derartig geringfügige Unterschiede jedoch nicht erfassen. Die Länge der Sporidien lag zwischen 44 und 85 μ (meist bei 60—70 μ) und zeigte beträchtliche Schwankungen innerhalb der Herkünfte von gleicher Wirtspflanze und auch zwischen den Sporidien aus einer Probe. Größere, als überzufällig zu sichernde Unterschiede in der mittleren Länge bei Herkünften von verschiedenen Wirtspflanzen ließen sich aber nicht erkennen. Die Sporidienform und -größe ist daher vorerst als systematisches Merkmal nicht zu verwerten.

VII. Brandbutten und Sporenpulver

Form und Größe der Brandbutten können bereits innerhalb ein und derselben Herkunft stark variieren (Abb. 12). So ist z. B. die Größe der Brandbutten aus verschiedenen Blüten eines Ährchens oft sehr unterschiedlich. Zudem soll, wie Aamodt, Torrie und Takahashi (1) angeben, die Form der Brandbutten bei Weizensteinbrand von der verwendeten Wirtssorte abhängig sein. Holton (35) allerdings fand, daß auch verschiedene physiologische Formen von *T. caries* sich u. a. deutlich durch die Form der gebildeten Brandbutten unterscheiden. Dies dürfte aber doch wohl nur für unter gleichen Umweltbedingungen gewachsenes Material zutreffen, eine Voraussetzung, die bei einem so heterogenen Material, wie es mir vorlag, kaum gegeben ist. Die Farbe der Brandbutten gar, wahrscheinlich bedingt durch unterschiedliche Ausreifung, schwankt in weiten Grenzen zwischen einem hellen Graubraun, Dunkelbraun, Schwarzbraun, einem rötlichen Braun oder auch Grün. Systematisch dürften sich diese Merkmale kaum verwerten lassen.

Eine Übersicht über die Brandbuttenausbildung für das untersuchte Material wird in der nachfolgenden Tabelle 3 gegeben. Als einzige Eigenart, der eine gewisse Bedeutung zukommt, ist für den Zwergsteinbrand des Weizens die zumeist etwas kleinere, rundliche Form der Brandbutten hervorzuheben. Hierauf wurde auch bereits von anderen Autoren (36, 40, 86, 88)

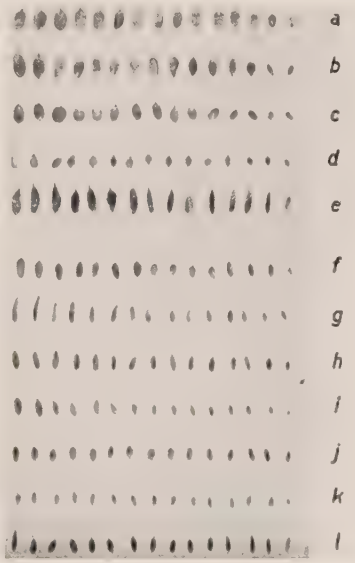


Abb. 12. Brandbutten bei verschiedenen *Tilletia*-Formen. a — Nr. 106 von Weizen (*T. foetida*); b — Nr. 77 von Weizen (*T. caries*); c — Nr. 46 von Weizen (Zwergsteinbrand); d — Nr. 27 von Roggen; e — Nr. 11 von Gerste (*T. Pancicii*); f — Nr. 7 von *Hord. bulbosum;* g — Nr. 10 von *Hord. murinum*; h — Nr. 24 von *Agrop. repens*; i — Nr. 5 von *Aegilops;* j — Nr. 2 von *Lolium*; k — Nr. 3 von *Bromus;* l — Nr. 5 von *Elymus*

hingewiesen. Es können jedoch auch Zwergsteinbrandherkünfte auftreten, die sich in der Brandbuttenform nicht von den mehr ovalen Brandbutten des gewöhnlichen Weizensteinbrandes (*T. caries*, *T. foetida*) unterscheiden lassen. Die Butten beim Brand von *Lolium* (Nr. 2), *Agrostis* (Nr. 1) und *Bromus* (Nr. 3) waren ebenfalls oval, die von den übrigen Wildgräsern und auch von Roggen[1]) hingegen mehr länglich und meist etwas zugespitzt. Besonders klein waren die Brandbutten bei *Agrostis*.

In der Tabelle 3 sind noch Angaben über das Aussehen des ausgeriebenen Sporenpulvers enthalten. Im allgemeinen war dessen Farbe ein mittleres bis dunkles Braun. Nur das Sporenpulver von *Lolium* war hellgelb gefärbt[2]) und deutlich von dem aller anderen Herkünfte verschieden. Bei Roggen und *Elymus* war die Farbe des Sporenpulvers etwas rostfarben oder rötlich-braun, bei den *T. foetida*-Herkünften auf Weizen ein mittleres bis dunkles Graubraun. Zumeist war das Sporenpulver ziemlich locker, nur bei den verschiedenen Herkünften von Weizen, sowie bei der mit Brand von *H. murinum* und *H. bulbosum* infizierten Wintergerste, waren verhältnismäßig sehr viele feste Brandbutten vorhanden. Auffällig war endlich, daß die Sporen von Roggen und *Bromus* schwer benetzbar waren und sich daher nur schlecht mit Wasser anrühren ließen. Alle hier aufgeführten Merkmale sind aber sehr variabel; außer der gelben Färbung des Sporenpulvers von *Lolium* haben sie nur geringe systematische Bedeutung.

VIII. Systematische Einordnung der *Tilletia*-Arten des Getreides

In seiner Zusammenstellung der nordamerikanischen Brandpilze verwendet FISCHER (20) nur sichere morphologische Unterschiede zur Artabgrenzung und berücksichtigt einen unterschiedlichen Wirtsbereich nur dann, wenn sonst morphologisch ähnliche Brandarten auf Wirten aus verschiedenen Familien vorkommen. Geringe und variable morphologische Unterschiede werden von ihm nicht verwertet. FISCHER bezeichnet diese Auffassung des Artbegriffes als Kompromiß zwischen einer streng morphologisch begründeten und einer auch physiologische Eigenarten berücksichtigenden Systematik. Dieser Standpunkt, daß eine zu enge Unterteilung auf Grund physiologischer Unterschiede (z. B. nach dem unterschiedlichen Wirtsbereich) zu einer Vielzahl von morphologisch, an Hand von Bestimmungsschlüsseln, nicht mehr zu identifizierenden Arten führt, ist nur allzu berechtigt. Er wurde daher auch in den vorliegenden Untersuchungen als Maßstab für die Bewertung und Einordnung der einzelnen Formen verwendet.

[1]) Bei den in den Jahren 1954/55 durchgeführten Infektionen (hier noch nicht mit ausgewertet) von Roggen mit Weizenzwergsteinbrand sowie mit *T. foetida* waren die auf dem Roggen gebildeten Brandbutten oval und nicht so zugespitzt verlängert wie die Brandbutten des echten Roggensteinbrandes.

[2]) Hierauf weisen auch andere Autoren hin (47, 53, 58, 95), die diese Art bisher beschrieben.

Nr.	Wirtsart	Brandbutten			Sporenpulver	
		Größe, mm	Form	Farbe	Farbe	Konsistenz
1	*Agrostis*	1×0,3	oval, zugespitzt	braun	mittelbraun	locker
2	*Lolium*	4×2	oval	gelblichbraun	hellgelb	locker
3	*Bromus*	3×1	oval	graubraun	mittelbraun	locker, schw. benetzbar
4	*Elymus*	4×1,5	lang, zugespitzt	hellbraun b. schwarzbraun oder schwarz	mittelbraun (rostfarben)	
5	*Aegilops*	2,5—4×1,5—2	länglich-oval	hellbraun	mittelbraun	locker
6—8	*Hordeum bulbosum* ..	3—8×1—3	länglich-oval, zugespitzt	hellbraun, graubraun oder grünlich, selten schwarz	hellbraun, mittelbraun, dunkelbraun oder graubraun	locker (seltener fest)
7+8	Wintergerste infiz. mit Brand v. *H. bulbosum*	1,5—4×1,3	länglich oder oval-zugespitzt	graubraun bis braun	dunkelbraun oder graubraun	mittelfest bis fest
9+10	*Hordeum murinum* ..	1,5—6×0,5—2	lang oder länglich-oval, zugespitzt	graubraun bis grünbraun	dunkelbraun	locker
10	Wintergerste infiz. mit Brand v. *H. murinum*	6×2	länglich, zugespitzt	braun bis graubraun	dunkelbraun	locker
11	Gerste	8×3	lang-oval, etwas zugespitzt	dunkelbraun	dunkelbraun	locker
12—14, 16 u. 17, 20—24	*Agropyron* sp.	1,5—5×1—3	länglich-oval, zugespitzt	grün, braun oder graubraun	dunkelbraun bis erdbraun	locker
24	Winterroggen infiz. mit Brand v. *A. repens*	4—7×1—2	länglich bis oval, zugespitzt	grau oder graubraun	graubraun	locker schwer benetzbar
25—37	Roggen	2—10×1—4	länglich-oval, zugespitzt	hellbraun, rötlich-graubraun oder graubraun	rötlichbraun oder dunkelbraun	meist locker (Butten aufplatzend), seltener fest, schwer benetzbar
38—68	Weizen (Zwergsteinbrand, bei 15° nicht keimfähig)	1—7×1—4	meist rundlich-oval, seltener länglich oder etwas zugespitzt	hell- oder dunkelbraun, z. T. etwas grau oder grün	mittel- bis dunkelbraun	mittelfest (unterschiedlich)
70—81	Weizen (gewöhnlicher Steinbrand, netzsporig, bei 15° keimfähig)	2—7×1,5—5	oval, seltener rundlich, länglich oder zugespitzt	hellbraun, grünbraun oder graubraun	mittel- bis dunkelbraun	meist mittelfest, seltener locker oder sehr fest
82—107	Weizen (gewöhnlicher Steinbrand, glattsporig, bei 15° keimfähig)	2—8×1,4	oval, seltener etwas verlängert oder zugespitzt	hellbraun, grünbraun oder graubraun	mittel- bis dunkelgraubraun	meist mittelfest bis fest

Bei der Abgrenzung verschiedener Brandformen gegeneinander ist zu fordern, daß sich jede untersuchte Herkunft sicher einer der aufzustellenden systematischen Einheiten zuordnen läßt. Es ist daher weniger der Gesamtmittelwert eines Merkmales für eine Gruppe von Herkünften von Interesse, als vielmehr die Streuung der einzelnen Mittelwerte dieser Herkünfte um den Gesamtmittelwert. Immer muß die einzelne Herkunft bzw. das einzelne Individuum im Mittelpunkt des Interesses stehen und nicht ein aus vielen Herkünften gebildetes Kollektiv. Nur Gruppen, die keine oder doch nur geringfügige Überschneidungen im Streubereich der hier einzuordnenden Herkünfte zeigen, können wirklich als systematisch verschieden angesehen werden. Ein statistisch zu sichernder Unterschied zwischen den Gesamtmittelwerten eines Merkmals besagt hingegen noch nicht viel.

Betrachtet man unter diesem Gesichtspunkt die umfangreiche Literatur über die hier in Frage kommenden Brandformen[1]), so ist zu erkennen, daß sowohl die Größenangaben wie auch die Angaben über Färbung und Form der Sporen oder Brandbutten bei den verschiedenen Autoren oft sehr unterschiedlich sind. Zum Teil ist das wohl darin begründet, daß die verwendete Methodik nicht einheitlich war (Größe der Sporen mit oder ohne Leisten gemessen, Untersuchungsflüssigkeit u. a.). Zum andern aber wurden die an einzelnen, zufällig vorliegenden Herkünften gewonnenen Ergebnisse verallgemeinert, ohne daß zugleich Erhebungen über die Variationsbreite eines Merkmales angestellt wurden. In vielen Fällen gründet sich die Aufstellung verschiedener Arten allein auf einen unterschiedlichen Wirtsbereich. Läßt man den Wirtsbereich der verschiedenen *Tilletia*-Formen unberücksichtigt, so dürfte die Einordnung einer fraglichen *Tilletia*-Herkunft nur an Hand derart unsicherer und sich oft widersprechender Angaben in vielen Fällen unmöglich sein.

Die Biologie der *Tilletia*-Arten wird weitgehend durch das Keimverhalten der Sporen bedingt (5, 26, 29, 74); diese keimungsphysiologischen Eigenarten können daher für die systematische Einordnung der Formen nicht unberücksichtigt bleiben. Da jedoch nach FISCHER (20), wie oben dargelegt, physiologische Unterschiede zur Abtrennung eigener Arten nicht ausreichen — und sich zudem bei älteren Herkünften oder bei Herbarmaterial oft auch nicht mehr feststellen lassen —, war zu prüfen, wieweit physiologische und morphologische Merkmale parallel gehen.

Bezüglich der Temperaturabhängigkeit des Keimverhaltens (Sporidienbildung) ließen sich die untersuchten *Tilletia*-Herkünfte in zwei Gruppen einteilen (vgl. Tabelle 1 auf S. 121):

a) Solche Herkünfte, die nur bei 3 °, nicht aber bei 15 ° C eine Sporidienbildung ergaben. Hierzu gehörten die als Weizenzwergsteinbrand eingeschickten Formen, Roggensteinbrand und die Herkünfte von den Gräsern *Elymus Caput-medusae, Hordeum bulbosum, H. murinum* und *Agropyron* sp.[2]).

[1]) Es ist aus Platzmangel nicht möglich, diese Literatur auch nur auszugweise anzuführen.

[2]) Vgl. Anmerkung [1]) auf Seite 128.

b) Sowohl bei 3 °C wie auch bei 15 °C keimfähige Herkünfte. Hierzu gehörten unter dem untersuchten Material nur die beiden Arten des gewöhnlichen Weizensteinbrandes.

Für eine Anzahl weiterer Herkünfte von *Bromus*, *Lolium*, Gerste, *Agrostis* und *Aegilops*, die bei beiden Temperaturen keine oder kaum eine Sporidienbildung ergaben, war eine Zuordnung zu einer dieser beiden Gruppen nicht möglich.

Das wichtigste morphologische Merkmal für die Unterteilung der Gattung *Tilletia* ist wohl die Beschaffenheit der Sporenoberfläche, welche glatt, mit Netzleisten versehen oder stachelig bzw. warzig sein kann. Formen mit warzigen Sporen lagen mir nicht vor; es sind also hier nur die glattsporigen Herkünfte des gewöhnlichen Weizensteinbrandes (Nr. 82—107) den übrigen netzsporigen Herkünften von Weizen, Roggen, Gerste und von den Wildgräsern gegenüberzustellen. Daß es sich bei diesen glattsporigen Formen des Weizensteinbrandes um eine eigene Art — *T. foetida* (Wallr.) Liro — handelt, unterliegt kaum einem Zweifel[1]), denn außer der Beschaffenheit der Sporenoberfläche unterscheidet sich *T. foetida* auch durch die im allgemeinen mehr ovalen oder unregelmäßig geformten Sporen und durch die oft unregelmäßig-aureolenförmige Schleimhülle vom netzsporigen, gewöhnlichen Steinbrand (vgl. Abb. 6 u. 8). Nur im Keimverhalten und in der Biologie stimmt *T. foetida* mit letzterer Art überein.

Für eine Unterteilung der netzsporigen *Tilletia*-Formen erscheint nach den im Abschnitt V, B gegebenen Untersuchungen besonders die Größe der Sporen geeignet. Als weitere Merkmale kommen dann noch die Leistenhöhe (Abschn. V, C) und die Maschengröße (Abschn. V, A) in Frage. Da Leistenhöhe und Dicke der Schleimschicht einander etwa parallel gehen, wird im folgenden die besser meßbare Schleimhüllen-Dicke für die Auswertung herangezogen; statt der auch auf einer Spore schon stark variierenden Maschengröße kann auch die Zahl der Maschen gewertet werden. In den Abb. 13—15 sind die untersuchten Herkünfte nach der Lage dieser Merkmale eingetragen.

Nach Abb. 13 und 14 lassen sich bei den netzsporigen *Tilletia*-Herkünften die relativ großsporigen Formen von *Agrostis* (Nr. 1), *Bromus* (Nr. 3), *Elymus* (Nr. 4), Gerste (Nr. 11) und *Agropyron desertorum* (Nr. 15), deren mittlere Sporengröße über 18 μ liegt, ziemlich deutlich von den kleinsporigen Formen auf Weizen[2]), Roggen, *Hordeum bulbosum*, *H. murinum*, *Aegilops* (Nr. 5), *Lolium* (Nr. 2) und den anderen *Agropyron*-Arten unterscheiden.

Innerhalb der kleinsporigen Gruppe sind dann weiterhin, wenn man zusätzlich auch die unterschiedliche Höhe der Schleimschicht

[1]) Fuchs (22) hält es noch nicht für restlos geklärt, ob es sich bei *T. caries* und *T. foetida* um zwei verschiedene Arten handelt, da sie leicht kreuzbar sind und Zwischenformen *(T. intermedia)* auch in der Natur auftreten.

[2]) Der von Mitra (60) in Indien für Weizen beschriebene großsporige „Steinbrand" — *T. indica* Mitra — gehört nach Zundel (95) zur Gattung *Neovossia* (*N. indica* [Mitra] Mundkur).

(Abb. 13) berücksichtigt, die Herkünfte von *Agropyron* sp., *H. murinum* und die bei 15 ° C keimfähigen Formen von Weizen deutlich durch die Lage des Streubereiches (schraffiert) gegeneinander abgegrenzt. Die Herkünfte von *H. bulbosum*, Roggen und die nur bei 3 ° C keimfähigen Herkünfte von Weizen (Zwergsteinbrand) liegen etwa im gleichen Bereich; sie überschneiden sich weitgehend mit den Formen von *Agropyron* sp., etwas auch mit den Herkünften von *H. murinum* und denen des gewöhnlichen Weizensteinbrandes.

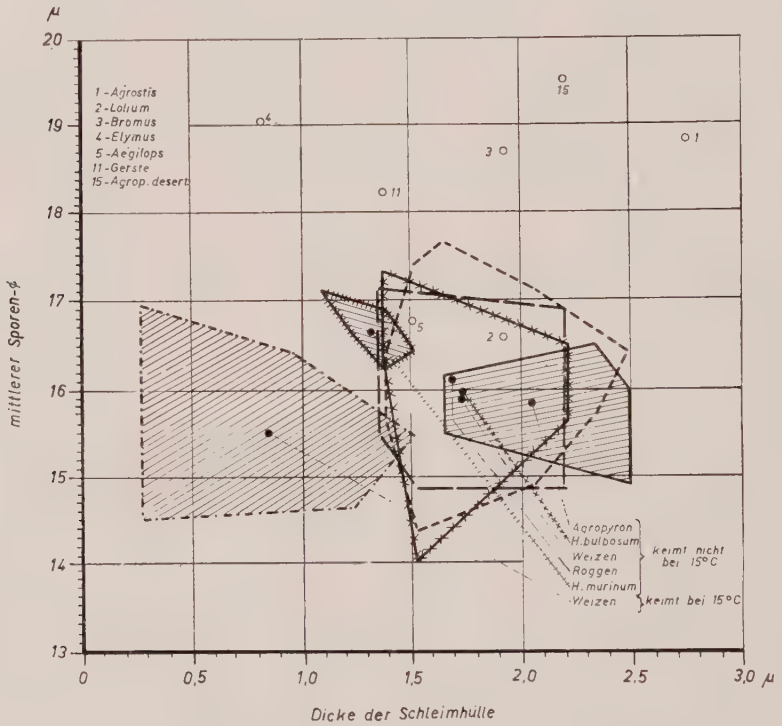


Abb. 13. Einordnung der *Tilletia*-Herkünfte nach der Dicke der Schleimschicht und der Sporengröße [½ × (mittl. größter Sporen-Ø + mittl. kleinster Sporen-Ø)]. Umrandet — Streubereich der Mittelwerte der Herkünfte. ○ — Mittelwert von Formen, bei denen nur eine Herkunft gemessen wurde. ● — Gesamtmittelwert bei Messung mehrerer Herkünfte von der gleichen Wirtsart

Für das Verhältnis der Brandformen von *Agropyron* sp., *H. murinum* und der Herkünfte des gewöhnlichen Weizensteinbrandes zueinander ergibt sich bei Anordnung dieser Herkünfte nach Sporengröße und Maschengröße aus Abb. 14 etwa das gleiche Bild wie in Abb. 13. Der Zwergsteinbrand zeigt hier eine weitgehende Überschneidung mit allen diesen drei Formen; der Roggensteinbrand vor allem mit dem gewöhnlichen Weizensteinbrand und dem Brand von *H. murinum*; der Brand von *H. bulbosum* mit dem gewöhnlichen Weizensteinbrand und dem Brand von *Agropyron*. Außer den drei voneinander zu unterscheidenden Formen von

Agropyron sp., *H. murinum* und dem gewöhnlichen Weizensteinbrand müssen daher auch der Roggensteinbrand gegenüber den Formen von *Agropyron* und der Brand von *H. bulbosum* gegenüber dem von *H. murinum* als verschieden angesehen werden.

Der Roggensteinbrand nimmt nach Abb. 13 und 14 eine Mittelstellung zwischen gewöhnlichem Weizensteinbrand und dem Brand von *Agropyron* sp. ein. Noch deutlicher ist dies aus Abb. 15 zu erkennen. Hieraus erklärt sich auch die unterschiedliche Bewertung dieser Form durch andere Autoren, die ihn entweder zu *T. caries* stellen (20, 23, 76, 81, 95), auf die Ähnlichkeit zu *T. controversa* und zum Weizenzwergsteinbrand hinweisen (14, 20, 59, 88, 91) oder ihn als eigene Art auffassen (10, 11, 46, 47, 51, 52, 58, 83, 84, 90).

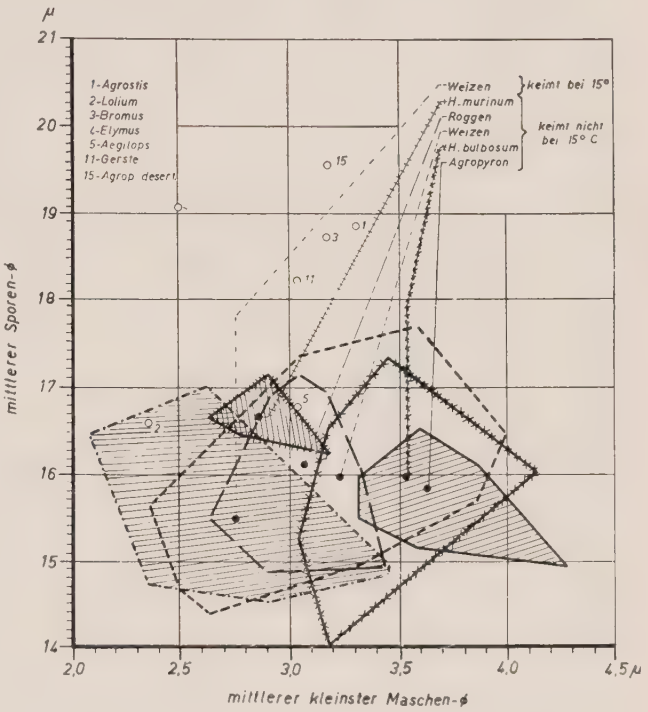


Abb. 14. Einordnung der *Tilletia*-Herkünfte nach Sporengröße und Maschengröße. Erläuterung wie bei Abb. 13

Die kleinsporigen Herkünfte von *Aegilops* (Nr. 5) und *Lolium* (Nr. 2) lassen sich vorerst nicht sicher einordnen, da hier jeweils nur eine Herkunft gemessen wurde und somit die Lage des Streubereiches und die Überschneidung mit anderen Formen nicht bestimmt werden konnte. Für *Aegilops umbellata* ist bisher noch kein Auftreten einer *Tilletia* sp. beschrieben worden; lediglich für *Ae. cylindrica* gibt Rayss (71) in Palästina das Vorkommen von *T. caries* an. Durch künstliche Infektionen konnte Reichert (72) *T. caries* auf *Ae. ventricosa* übertragen. Bei dem mir vorliegenden Brand von *Ae. umbellata* kann es sich aber, wie auch Abb. 6 i erkennen läßt, kaum um *T. caries* handeln, sondern diese Herkunft dürfte, da sie eine verhältnismäßig hohe Schleimhülle besitzt, eher in die Verwandtschaft des Zwergsteinbrandes und des Roggensteinbrandes zu stellen sein[1]). Auch zu den Herkünften von *H. murinum* besteht eine gewisse Ähnlichkeit.

[1]) Hierfür spricht auch das Ergebnis des Keimversuches (vgl. Tabelle 1).

Der Brand von *Lolium* (Nr. 2) zeigt sehr kleine Maschen (Abb. 2 a) und könnte hiernach evtl. zum gewöhnlichen Steinbrand (*T. caries*) gehören. Auch das Ergebnis der bereits von TILLET (80) und BRESSMAN (9) durchgeführten Infektionsversuche, in denen eine wechselseitige Übertragung der Brandformen von Weizen und *Lolium* gelang, und die Angaben anderer Autoren über das Keimverhalten (49, 51, 58) deuten auf eine Verwandtschaft zu *T. caries*. Nach der Dicke der Schleimschicht müßte diese Form hingegen eher zum Formenkreis des Zwergsteinbrandes oder Roggensteinbrandes gerechnet werden, zeigt aber wiederum kleinere Maschen und eine höhere Maschenzahl als diese. Da der Brand von *Lolium* sich außerdem durch ein sehr helles, gelbgefärbtes Sporenpulver auszeichnet (vgl. Tab. 3), so ist er wohl am besten als selbständige Art aufzufassen.

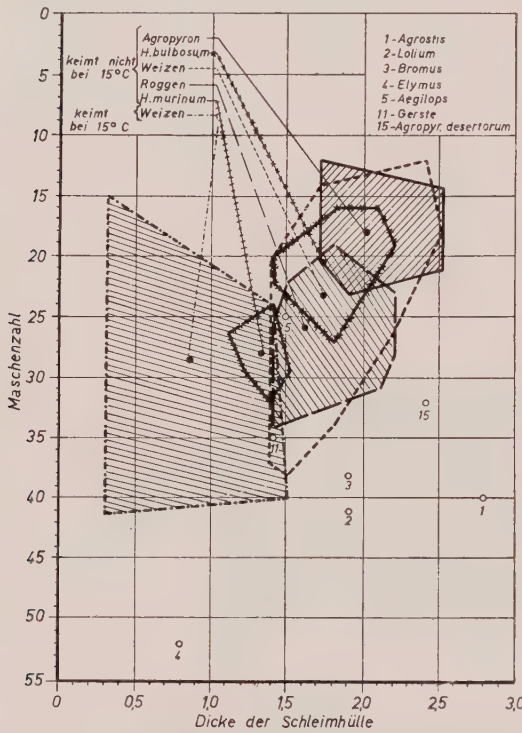


Abb. 15. Einordnung der *Tilletia*-Herkünfte nach Maschenzahl und Dicke der Schleimhülle. Erläuterungen wie bei Abb. 13

Die großsporigen *Tilletia*-Formen lassen sich vorerst nicht weiter gegeneinander abgrenzen, weil auch hier jeweils nur eine Herkunft ausgewertet wurde. Als deutlich verschieden sind nur die Herkünfte von *Agrostis* (Nr. 1) mit sehr hoher Schleimschicht und die von *Elymus* (Nr. 4) mit dünner Schleimschicht und zahlreichen, kleinen Maschen anzusehen. Die Formen von *Bromus* (Nr. 3), Gerste (Nr. 11) und *Agropyron desertorum* (Nr. 15) stehen zwischen diesen beiden extremen Formen, ähneln jedoch mehr dem Brand von *Agrostis*.

Unter Berücksichtigung der hier besprochenen morphologischen Merkmale lassen sich die untersuchten Formen nach dem Grade der Verwandtschaft in zwei vikariierende Reihen einordnen, bei denen zwar die Endformen deutlich voneinander verschieden sind, die Zwischenformen aber eine vermittelnde Stellung einnehmen (Abb. 16).

Unter den kleinsporigen Formen sind die glattsporige Art *T. foetida* und die Form von *Lolium* auszuschalten; als Endglieder dieser Reihe erscheinen dann der gewöhnliche Weizensteinbrand, sowie der Brand von *Agropyron*. Dem Brand von *Agropyron* sp. am nächsten verwandt sind die

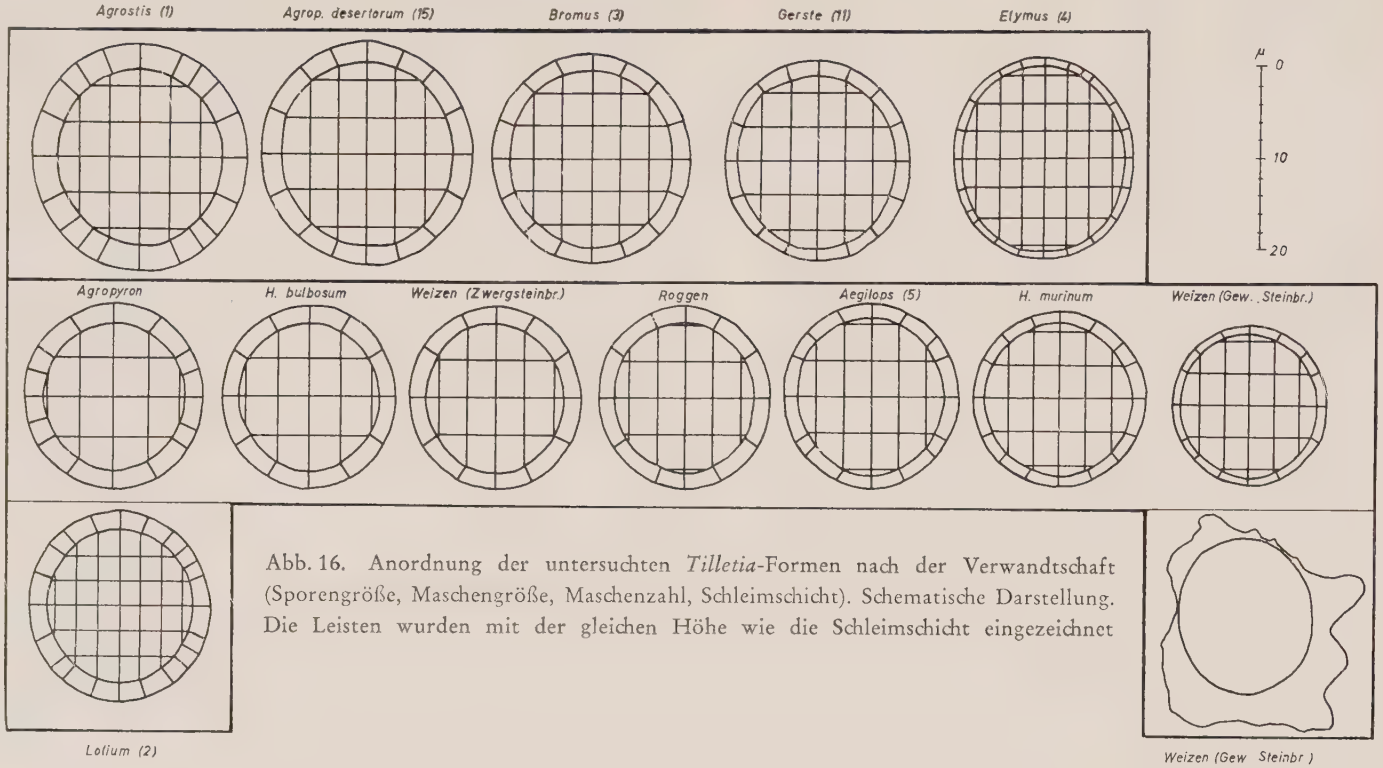


Abb. 16. Anordnung der untersuchten *Tilletia*-Formen nach der Verwandtschaft (Sporengröße, Maschengröße, Maschenzahl, Schleimschicht). Schematische Darstellung. Die Leisten wurden mit der gleichen Höhe wie die Schleimschicht eingezeichnet

Herkünfte von *H. bulbosum*, welche zum Weizenzwergsteinbrand überleiten. Die Formen von Roggen (und die von *Aegilops*) — dem Zwergsteinbrand noch sehr ähnlich — weisen bereits eine Verwandtschaft zum Brand von *H. murinum* auf, der wiederum in die Nähe von *T. caries* zu stellen ist.

Die großsporigen *Tilletia*-Arten von Gerste (*T. Pancicii*) und von *Agrostis* (*T. decipiens*), die von einigen Autoren als Verwandte des Roggensteinbrandes genannt werden (10, 47, 83), und auch der Brand von *Agropyron desertorum*, der mir von Prof. FISCHER als *T. brevifaciens* zugesandt wurde, scheinen als nähere Verwandte und Ausgangspunkt für die Entstehung des Zwergsteinbrandes und Roggensteinbrandes weniger in Frage zu kommen. Auch der Brand von *Bromus* (*T. Guyotiana*), den LIRO (53) in die Verwandtschaft der Formen von *H. bulbosum* bzw. von *H. murinum* (*T. hordei*) stellt, ist von diesen kleinsporigen Herkünften deutlich durch die Sporengröße unterschieden.

Die hier gegebene Einteilung basiert vorwiegend auf Sporenmessungen; nur zur Abtrennung der Brandform von *Lolium* ist auch die Färbung des Sporenpulvers von Bedeutung. Bei allen anderen Formen schwanken die weiteren Merkmale wie Farbe und Konsistenz der Sporen oder Farbe, Form und Größe der Brandbutten derart stark, daß diese Eigenarten höchstens als zusätzliches Merkmal neben anderen herangezogen werden können. Auch die Sporidienform ließ bei den verschiedenen Herkünften keine Unterschiede erkennen.

Die an erkrankten Pflanzen hervorgerufenen Halmverkürzungen, die anderen Autoren als wichtiges Charakteristikum zur Einordnung des Zwergsteinbrandes (74) und Roggensteinbrandes (64, 88) dienen, wurden hier nicht verwertet. Sie lassen sich bei Untersuchung von Herbarmaterial ohne Kenntnis der Bedingungen, unter denen dieses Material gewachsen ist, und ohne Vorliegen gesunder Vergleichspflanzen nicht genau ermitteln und scheinen zudem von der Wirtsart bzw. Wirtssorte (89) und den Umweltbedingungen (27, 74) abhängig zu sein. Insbesondere erscheint es nicht angängig, beim Roggensteinbrand nur nach dem Vorhandensein oder Fehlen einer Halmverkürzung zwei verschiedene Arten unterscheiden zu wollen, da von GASSNER und NIEMANN (27) gezeigt werden konnte, daß von unverkürzten Pflanzen stammendes Roggensteinbrandmaterial bei künstlicher Infektion starke Halmverkürzungen am Roggen hervorrufen kann. Die Sporenuntersuchungen und die Keimprüfungen ergaben zumindest keine Anhaltspunkte dafür, daß es sich bei dem von mir untersuchten Material von verkürzten und von unverkürzten Roggenpflanzen um zwei verschiedene Arten handelt.

Beachtenswert erscheint in diesem Zusammenhang, daß auch bei Infektion von Gerste mit Brand von *Hordeum bulbosum* und *H. murinum* (62), und von *Agropyron* sp. mit *T. caries* (18), beträchtliche Wuchsstauchungen bei den neuen Wirten auftraten. Vielleicht kann die Beobachtung von KOUDELKA (48), daß eine Pflanze nach Infektion mit anderen als den nor-

malerweise auf ihr vorkommenden Brandpilzen mit Wuchsstauchungen und stärkerer Bestockung reagiert, eine Erklärung für diese Erscheinungen geben. Wuchsstauchungen bei Getreide treten im übrigen nicht nur bei Zwergsteinbrandbefall auf, sondern können auch bei anderen Krankheiten, z. B. Nematodenbefall[1]) oder Viruserkrankungen (44), vorkommen. Auch für Brandarten von verschiedenen Wildgräsern — *T. decipiens* auf *Agrostis* (47, 53), *T. controversa* auf *Agropyron* (14) — wird in der Literatur von Halmverkürzungen berichtet.

Nach den Nomenklaturregeln wären die untersuchten *Tilletia*-Formen und -Herkünfte — soweit überhaupt eine Benennung möglich ist — an Hand der bisherigen Literatur in folgender Weise zu bezeichnen:

Nr. 4 auf *Elymus Caput-medusae* L.: *T. Bornmülleri* Magn.
Nr. 11 auf Kulturgerste: *T. Pancicii* Bubak et Ranoj.
Nr. 3 auf *Bromus* sp.: *T. Guyotiana* Hariot (Syn. *T. Velenovskyi* Bubak; *T. belgradensis* Magn.)
Nr. 15 auf *Agropyron desertorum:* Benennung fraglich (möglicherweise *T. controversa* Kühn var. *prostrata* Lavrov)
Nr. 1 auf *Agrostis vulgaris* With.: *T. decipiens* (Pers.) Kcke. (Syn. *T. sphaerococca* [Rabenh.] Fisch. de Waldh.)
Nr. 2 auf *Lolium linicola* R. Br.: *T. Lolii* Auersw.
Nr. 12, 13 und 20—24 auf *Agropyron repens* L.
Nr. 14 auf *Agropyron intermedium* Host.
Nr. 16 auf *Agropyron sibiricum*
Nr. 17 auf *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn.
→ *T. controversa* Kühn (Syn. *T. tritici-repentis* [D.C.] Liro[2]); *T. brevifaciens* G. W. Fisch.)
Nr. 6—8 auf *Hordeum bulbosum* L.: *T. hordei* Kcke. (Syn. *T. Trabuti* Jaczewski)
Nr. 38—68 auf Weizen: *T. controversa* Kühn (Syn. *T. tritici-repentis* [D.C.] Liro; *T. brevifaciens* G. W. Fisch.). Von anderen Autoren werden die Herkünfte des Zwergsteinbrandes zu *T. caries* gestellt (36, 92). Wagner (86) schlägt die Bezeichnung *T. tritici nanifica*, Savulescu (74) den Namen *T. nanifica* (Wagner) Savulescu vor. Beide Autoren geben jedoch keine lateinische Beschreibung und führen keinen Typ an.

[1]) Aus den Protokollen Prof. Gassners ist zu entnehmen, daß dieser in der Türkei vielfach stark verzwergte Weizenpflanzen fand und daher zunächst einen Befall durch Zwergsteinbrand vermutete. Genauere Untersuchungen ergaben dann aber Nematodenbefall. Auch von *T. foetida* befallene Pflanzen waren teilweise so stark verkürzt (Nr. 95, 98, 105), daß zuerst Zwergsteinbrandbefall angenommen wurde.

[2]) Conners (14) gibt die Schreibweise *T. contraversa* Kühn, da Kühn in seiner ersten Veröffentlichung (50) diese Bezeichnung gebraucht hat. In späteren Arbeiten verwendeten Kühn selbst (51, 52) und andere Autoren aber immer nur die Schreibform *T. controversa*. Es erscheint daher richtiger, diese Form zu gebrauchen. Der von Liro (53) angegebenen Benennung *T. tritici-repentis* (D. C.) Liro kommt nach Conners (14) keine Priorität gegenüber *T. controversa* Kühn zu.

Nr. 25—37 auf Roggen: *T. secalis* (Corda) Kcke.[1]). Ein Teil der Autoren stellt die Brandherkünfte von Roggen zu *T. caries* (20, 23, 76, 81) oder zum Weizenzwergsteinbrand (14, 20, 59, 88, 91).

Nr. 5 auf *Aegilops umbellata*: Benennung fraglich.

Nr. 9—10 auf *Hordeum murinum* L.: *T. hordei* Kcke. (Syn. *T. Trabuti* Jaczewski)

Nr. 70—81 auf Weizen: *T. caries* (D.C.) Tul. (Syn. *T. tritici* [Bjerk.] Wint.)[2]).

Nr. 82—107 auf Weizen: *T. foetida* (Wallr.)[3]) Liro (Syn. *T. laevis* Kühn[4]); *T. foetens* Schr.; *T. foetens* Trelease; *T. foetens* [Berk. et Curt.] Tul.).

Diese Benennung entspricht in manchem nicht der auf Grund der vorliegenden Untersuchungen vorzuschlagenden Gliederung.

Für die kleinsporigen Formen wurde bereits oben darauf hingewiesen, daß die Herkünfte von *H. murinum* und *H. bulbosum* deutlich voneinander zu unterscheiden sind. Nur der Brand von *H. murinum* ist daher als *T. hordei* zu bezeichnen; das Material von *H. bulbosum* hingegen ist zum Formenkreis des Zwergsteinbrandes, Roggensteinbrandes und Brandes von *Agropyron* zu rechnen. Ob der Typ von *T. hordei* auf *H. fragile* mehr der Form von *H. murinum* oder der von *H. bulbosum* entspricht, bliebe zu untersuchen.

Der Brand von *Agropyron* und von Roggen sind zumeist morphologisch deutlich gegeneinander unterschieden (Dicke der Schleimhülle, Schleimfarbe, Maschengröße, Farbe des Sporenpulvers) und könnten, wenn man nur diese beiden Formen berücksichtigt, ohne weiteres als getrennte Arten (*T. controversa* und *T. secalis*) aufgefaßt werden. Die zwischen beiden stehenden Übergangsformen von *H. bulbosum* und der Weizenzwergsteinbrand sind jedoch weder untereinander noch gegen den *Agropyron*-Steinbrand oder den Roggensteinbrand sicher abzugrenzen; sie würden daher nach Belieben *T. controversa* oder *T. secalis* zugerechnet werden können. Aus diesem Grunde erscheint es angebracht, alle diese Herkünfte von

[1]) Die Art wird in der Literatur meist als *T. secalis* (Corda) Kühn bezeichnet. KÖRNICKE (46) hat sie jedoch schon vor KÜHN (51, 52) als *T. secales* benannt, während er dann in einer späteren Arbeit (47) die Schreibform *T. secalis* Kcke. verwendet. SCHELLENBERG (76) führt sie als *T. secalis* (Corda) Winter an; PICHLER (64) bezeichnet sie als *T. tritici* f. sp. *secalis*, gibt aber keine lateinische Beschreibung.

[2]) Die Bezeichnung *T. tritici* (Bjerk.) Wint. lehnt LIRO (53) ab, da nach seiner Ansicht aus dem negativen Ergebnis der Infektionsversuche (Keimlingsinfektion) BJERKANDERS hervorgeht, daß dieser mit der als *Lycoperdon tritici* benannten Art nicht Weizensteinbrand, sondern Weizenflugbrand in Händen gehabt hat. Wenn auch diese Folgerung LIROS (53) nicht anerkannt werden kann, da — wie WINTER (90) hervorhebt — auf den charakteristischen Geruch der *Lycoperdon tritici* besonders hingewiesen wird, so erscheint es doch angebracht, den BJERKANDERschen Namen wegen seiner Unsicherheit als Nomen nudum (95) zugunsten von *T. caries* fallenzulassen.

[3]) SAVULESCU (74) nennt die Art *T. foetida* (Bauer) Liro; LIRO (53) gibt aber WALLROTH als Autor an.

[4]) Teilweise auch *T. levis* geschrieben.

Agropyron sp., *H. bulbosum*, Weizen und Roggen in einer Sammelspecies, *T. secalis* auct. sens., zusammenzufassen[1]), innerhalb derer dann die Herkünfte von *Agropyron* und von Roggen als zwei getrennte Formen zu unterscheiden wären (f. sp. *agropyri* und f. sp. *secalis*).

Die Unterscheidung dieser Sammelspecies von *T. caries* beruht vor allem auf der unterschiedlichen Ausbildung der Schleimhülle. Formen, deren Schleimhüllendicke gerade in einem gewissen Grenzbereich von 1,4—1,5 μ liegt (vgl. Abb. 5, 7, 13, 15), konnten dabei allerdings nicht sicher eingeordnet werden. Dies muß aber in Kauf genommen werden, da anderenfalls eine Unterteilung des Formenkreises der kleinsporigen *Tilletia*-Herkünfte überhaupt nicht möglich wäre. In Zweifelsfällen muß hier evtl. der Keimversuch entscheiden.

Ob innerhalb der großsporigen Gruppe die Formen von Gerste, *Bromus* und *Agropyron desertorum* tatsächlich als selbständige Arten aufzufassen sind, müßten weitere Untersuchungen an einem größeren Material klären.

Der gewöhnliche, netzsporige Steinbrand, *T. caries*, wird von SAVULESCU (74, 75) in zwei Arten unterteilt, wobei *T. triticoides* sehr niedrige Leisten (0,4—0,6 μ), *T. tritici* forma *typica* hohe Leisten von 1,66—2 μ zeigt[2]). Bisher ist diese Bezeichnung nur vereinzelt von anderen Autoren (z. B. 31, 42) verwendet worden und wird auch in den neueren Werken über die Brandpilze von ZUNDEL (95) und FISCHER (20) nicht gebracht. Bei dem von mir untersuchten Material war hierzu festzustellen, daß es beim gewöhnlichen Steinbrand neben Herkünften mit niedrigen Leisten auch viele mit einer mittleren Höhe der Leisten bzw. der Schleimhülle von 0,6—1,5 μ gab, aber keine Formen, deren Leistenhöhe über 1,5 μ lag. Eine Unterscheidung zweier Arten des gewöhnlichen, netzsporigen Steinbrandes, die SAVULESCU (74, 75) bei den rumänischen Steinbrandvorkommen ohne weiteres gelang, war daher hier nicht möglich. Auch von BREMER und Mitarbeitern (7) wurde nachgewiesen, daß diese beiden Formen in der Türkei durch Übergänge verbunden sind.

Die *T. tritici* forma *typica* entspricht nach SAVULESCU (74) in der Höhe der Leisten und der Schleimschicht dem Zwergsteinbrand. Nach HULEA (42) und SAVULESCU (74) keimt aber diese *T. tritici* forma *typica* — allerdings nur zu einem geringen Prozentsatz und erst nach 30 Tagen — noch bei höherer Temperatur als 15 ° C. Bei den *Tilletia*-Herkünften von Weizen, deren Schleimhüllendicke über 1,5 μ lag, konnte vor mir in keinem Fall[3]) (unter 44 untersuchten Proben verschiedener Herkunft) eine Keimung bei

[1]) *T. secalis* ist gegenüber *T. controversa* der ältere Name. Hierauf weisen auch DURAN und FISCHER neuerdings hin (Phytopathology 46, S. 11, 1956).

[2]) Auch die Sporengröße soll verschieden sein. SAVULESCU mißt aber die Sporen einschließlich der Leisten, so daß die unterschiedliche Leistenhöhe sich auch in der Sporengröße auswirken muß.

[3]) Bei der in Form loser Brandbutten zugesandten Probe Nr. 69, die auch bei 15 ° C etwas keimte, handelte es sich wahrscheinlich um mit gewöhnlichem Steinbrand verunreinigtes Material.

15 ° C erreicht werden[1]); also ein offensichtlicher Widerspruch zu den Ergebnissen von HULEA (42) und SAVULESCU (74).

Von SAVULESCU werden keine eigenen Keimversuche mit Zwergsteinbrandsporen angeführt; für diese Form stützt er sich auf die von anderen Autoren (5, 26) durchgeführten Untersuchungen. Diese prüften jedoch das Keimverhalten auf Schlämmboden, wo sich nur die Sporidienbildung sicher bonitieren läßt. Von HULEA (42) und SAVULESCU (74) wurde die Promyzelbildung auf verschiedenen Agar-Nährböden oder in Nährlösung untersucht. Da nach Untersuchungen GASSNERS (24) zumindest beim gewöhnlichen Steinbrand beide Entwicklungsstadien sich unterschiedlich verhalten können, ist ein unmittelbarer Vergleich der mit verschiedener Methodik gewonnenen Ergebnisse nicht statthaft. Es erscheint mir nicht ausgeschlossen, daß auch bei der *T. tritici* forma *typica* eine Form des Weizenzwergsteinbrandes vorliegt, die jedoch geringere Halmverkürzungen als die normale Form hervorruft. Über eine solche angenommene Rasse des Zwergsteinbrandes, die nur geringe Verzwergung bewirkt, berichteten schon HOLTON und VOGEL (41) aus den USA und AEBI (3) aus der Schweiz. Erst eine vergleichende Keimprüfung des Zwergsteinbrandes und der *T. tritici* forma *typica* mit gleicher Methodik kann hier Klarheit bringen.

Eine andere Deutung dieses Widerspruches läge darin, daß in Rumänien neben dem Zwergsteinbrand und *T. caries* vielleicht noch eine dritte, bezüglich des Keimverhaltens zwischen beiden stehende Form vorkommt. Da nach HOLTON (38) Bastardierungen zwischen gewöhnlichem und Zwergsteinbrand nicht ausgeschlossen sind, könnte es sich dabei möglicherweise um eine derartige Kreuzungsform handeln.

SAVULESCU (74) benennt die Form des gewöhnlichen Steinbrandes mit hohen Leisten als *T. tritici* forma *typica* und bezeichnet den hiervon nur durch physiologische Merkmale unterschiedenen Zwergsteinbrand als *T. nanifica* (Wagner) Savulescu. Diese Art der Benennung ist schon aus formalen Gründen nicht zulässig, denn:

1. müssen beide, da morphologisch nicht zu unterscheiden, zur gleichen Art gestellt werden (vgl. FISCHER 20);
2. ist der Name *T. tritici* von WINTER (90) und anderen Autoren für eine *Tilletia*-Form mit 1—1,5 μ (0,5—1,5 μ) hohen Leisten festgelegt, die diese Autoren deutlich von *T. controversa* mit höheren Leisten unterschieden;
3. entspricht weder die von WAGNER (86) noch die von SAVULESCU (74) gegebene Bezeichnung des Zwergsteinbrandes den Nomenklaturregeln, da keine lateinische Beschreibung erfolgte und der Typ nicht angegeben ist;
4. entspricht sowohl die *T. tritici* forma *typica* Savul. wie *T. nanifica* (Wagner) Savul. morphologisch weitgehend der von KÜHN (50) be-

[1]) Zum größten Teil wurden die Sporenanzuchten hinterher für künstliche Infektionen verwendet: In allen Fällen waren dabei die erhaltenen Brandpflanzen sehr stark verkürzt.

schriebenen Art *T. controversa* Kühn. Selbst wenn die von WAGNER (86) und SAVULESCU (74) vorgeschlagenen Namen gültig veröffentlicht wären, käme doch der Benennung *Tilletia controversa* Kühn oder, wenn man auch den Roggensteinbrand einbezieht, der älteren Benennung *T. secalis* (Corda) Kcke. die Priorität zu.

Zur Deutung und Benennung der von GASSNER (25) und SAVULESCU (74, 75) aufgestellten Form bzw. Art *T. tritici* forma *intermedia* bzw. *T. intermedia* (= *T. tritici* × *T. foetida*), für die gleichfalls keine gültige Beschreibung vorliegt, kann hier, da mir keine derartigen Proben sondern immer nur einzelne Sporen dieser Form vorlagen, nicht Stellung genommen werden. Es sei jedoch darauf hingewiesen (vgl. S. 130), daß unter dem mir vorliegenden Material des Roggensteinbrandes und des gewöhnlichen Steinbrandes mehrfach Proben gefunden wurden, bei denen die Maschen nochmals wieder in feine Maschen unterteilt waren (Abb. 2 d) und die damit einen Übergang zwischen normaler Netzung und dem *intermedia*-Typ bilden. Wieweit diese Unterteilung des Wabengrundes verbreitet ist und als systematisches Merkmal dienen kann, bliebe zu untersuchen.

Als Letztes mag noch kurz auf die deutsche Benennung des Zwergsteinbrandes eingegangen werden. Im allgemeinen richtet sich die deutsche Bezeichnung der Brandarten nach dem, auch dem Praktiker erkennbaren, Erscheinungsbild (Steinbrand, Stengelbrand, Flugbrand, Hartbrand, Streifenbrand). Der „Steinbrand" umfaßt dabei die Brandbutten bildenden Arten. Es erscheint daher zweckmäßig, diese Bezeichnung auch im Namen der Verzwergung hervorrufenden Steinbrand-Form erkennen zu lassen und sie, WARMBRUNN (88) folgend, als Zwergsteinbrand und nicht, wie BÖNING, WAGNER und v. MINCKWITZ (5) vorschlugen, einfach als Zwergbrand zu bezeichnen. Darin käme auch die enge Beziehung zum gewöhnlichen Steinbrand zum Ausdruck, der ja von einigen Autoren sogar mit dem Zwergsteinbrand in die gleiche Art gestellt wurde.

Nach Mitteilung Prof. FISCHERS (USA) werden von ihm gegenwärtig gleichfalls Untersuchungen zur Systematik der Gattung *Tilletia* an einem größeren Material durchgeführt. Auch an anderen Stellen laufen weitere Untersuchungen zu dieser Frage. Es erscheint nicht angebracht, diesen Arbeiten durch Einführung oder Festlegung neuer Namen vorzugreifen, da damit die Unsicherheit hinsichtlich der Benennung nur noch vergrößert würde. Die hier vorgeschlagene Abgrenzung der kleinsporigen *Tilletia*-Formen gegeneinander erhebt daher nicht den Anspruch einer endgültigen Bezeichnung, sondern wurde bewußt nur als ein Vorschlag zu dieser Frage und als Grundlage für weitere Untersuchungen aufgefaßt.

Es sind zur Zeit noch zu viele Fragen zur Systematik der Gattung *Tilletia* offen, als daß schon völlige Klarheit erreicht worden wäre. Hierzu gehört vor allem das von SAVULESCU (74) angeschnittene Problem des Vorkommens zwergsteinbrandähnlicher Formen unter den von ihm dem gewöhnlichen Steinbrand zugerechneten Herkünften. Besonders wäre dabei die Temperaturabhängigkeit der einzelnen Abschnitte der Keimung (Pro-

myzelbildung, Sporidienbildung) bei den verschiedenen Formen mit einheitlicher Methodik zu untersuchen. Weiter wäre aber auch die Konstanz der morphologischen und keimungsphysiologischen Merkmale unter verschiedenen Umweltbedingungen und bei Wirtswechsel nochmals zu prüfen. Es ist hier besonders an die Untersuchungen von PICHLER (64) zu erinnern, der annimmt, daß sich bei Passage über einen anderen Wirt die Sporengröße ändert, und an ÖZKAN (7), welche eine Änderung in der Keimschnelligkeit bei Passage über andere Weizensorten beobachtete. Eine solche Variabilität bisher als konstant angenommener morphologischer Merkmale wurde von mir zwar bisher nicht festgestellt, erscheint aber nicht ausgeschlossen, wenn man bedenkt, daß für andere Pilze eine Abhängigkeit der Sporenform und -größe von Substrat (61) und Temperatur (79) bereits bekannt ist. Das wäre natürlich von grundsätzlicher Bedeutung für die ganze Systematik.

IX. Auftreten und Herkunft von Weizenzwergsteinbrand und Roggensteinbrand, unter besonderer Berücksichtigung des Vorkommens in der Türkei

Das Vorkommen des Weizenzwergsteinbrandes ist bisher aus den USA (19, 20, 39, 92), Deutschland (56, 85, 86, 88), Österreich (65), der Schweiz (2, 3, 69, 70, 94), Kanada (14, 16), Ungarn (73, 74), Bulgarien, Rumänien (74) und Jugoslawien (94) bekannt geworden; über Steinbrandauftreten auf Roggen wurde aus Deutschland (10, 13, 46, 47, 78, 88), Finnland (43), Rußland (4, 12, 43), der Schweiz (84), Frankreich, Rumänien, Jugoslawien (83), der Tschechoslowakei (10, 11, 13, 17, 63), Bulgarien (10, 55), Österreich (64, 77) und Nordamerika (91) berichtet[1]).

Als weiteres Verbreitungsgebiet für diese beiden *Tilletia*-Formen kommt nach den im Jahre 1953 von Prof. GASSNER durchgeführten Untersuchungen die Türkei hinzu. Die Herkunft des aus der Türkei stammenden Materials ist in der Karte (Abb. 17) eingetragen. Die Roggensteinbrandproben stammen danach einmal (Nr. 25—27) aus dem an der Südküste gelegenen, anatolischen Bezirk Ermenak (Prov. Konya), zum anderen (Nr. 28 und 29 sowie Nr. 30) aus den Bezirken Gümüsane (Prov. Gümüsane) und Macka (Prov. Trabzon) an der Küste des Schwarzen Meeres. Aus den gleichen Gebieten lagen auch von Prof. GASSNER gesammelte Zwergsteinbrandproben vor (Nr. 45—48 sowie 49—55), außerdem noch eingeschicktes, nach meinen Untersuchungen gleichfalls zum Zwergsteinbrand zu stellendes Material aus den Provinzen Burdur (Nr. 43) und Malatya (Nr. 44). Sowohl die Weizenpflanzen wie auch die Roggenpflanzen waren, soweit festzustellen, stark verkürzt (Abb. 18). Wie aus den Protokollen hervorging, hatte Prof. GASSNER außerdem auch aus den Pro-

[1]) Ob es sich bei dem von RABENHORST (68) berichteten Vorkommen von *Uredo secales* bei Rom tatsächlich um Roggensteinbrand handelte, erscheint, da nach der Beschreibung die Sporen verhältnismäßig klein und warzig waren, zweifelhaft. Nach einer neuen Veröffentlichung von SIBILIA (Plant Prot. Bull. **3**, 131—137, 1955) wurde Zwergsteinbrand 1954 erstmalig auch in Italien nachgewiesen.

vinzen Elazig und Artvin Weizensteinbrandproben erhalten, bei denen es sich nach seinen Untersuchungen der Sporen um Zwergsteinbrand gehandelt haben könnte. Leider waren diese beiden Proben nicht unter dem mir von ihm übergebenen Material vorhanden.

Auffällig ist, daß Roggensteinbrand und Weizenzwergsteinbrand in der Türkei nicht nur zusammen in der gleichen Gegend, sondern auch oft im selben Feldbestand gemischt vorkamen. So etwa die Herkunft von Roggen Nr. 26 und die von Weizen Nr. 45 oder Roggenherkunft Nr. 27 und Weizenherkunft Nr. 48. Dieses, wie auch die Tatsache, daß beide Formen, auch im großen gesehen, etwa die gleiche Verbreitung haben (Balkan, Deutschland, Schweiz, Österreich, Nordamerika, Türkei)[1]), deutet darauf hin, daß beide sich zumindest hinsichtlich der Biologie und Umweltabhängigkeit sehr nahe stehen. Das konnte in letzter Zeit auch durch experimentelle Untersuchungen bestätigt werden (26, 66).

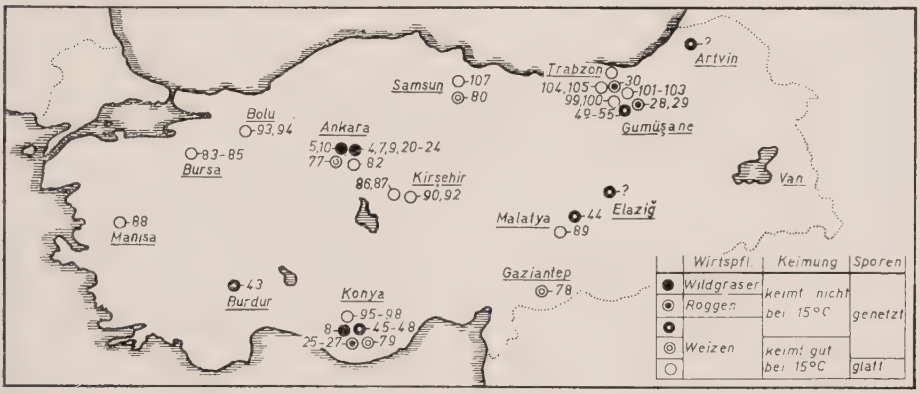


Abb. 17. Herkunft des Steinbrandmaterials aus der Türkei. Namen der Provinzen unterstrichen

In Deutschland, z. B. auf der Schwäbischen Alb (88), ist der Weizenzwergsteinbrand im allgemeinen auf etwas höhergelegene Gebiete begrenzt; in der Schweiz (2, 3, 69, 70, 94) tritt er nur in Höhenlagen über 620 m ü. M. auf. Eine gleiche Beobachtung für die vertikale Verbreitung des Zwergsteinbrandes und Roggensteinbrandes machte Prof. GASSNER in der Türkei. In einem Schreiben vom 15. August 1953 von einer Exkursion in den Bezirk Ermenak (Prov. Konya) an der Südküste der Türkei berichtete er hierüber: „... In Mittelanatolien auf Weizen keine Spur von Zwergsteinbrand. Steigen hinter Gög-Su auf 1900 m, prüfen die Weizenfelder, alle voll Zwergsteinbrand und auch von Roggensteinbrand, der ja auch ein Zwergsteinbrand ist. Die weitere Untersuchung ergab, daß Weizenstein-

[1]) Für die Tschechoslowakei, Frankreich, Rußland und Finnland wurde bisher nur das Auftreten von Roggensteinbrand bekannt; für Kanada nur das Auftreten des Weizenzwergsteinbrandes. Es muß aber damit gerechnet werden, daß diese Gebiete auch für die Ausbreitung der anderen Formen günstige Bedingungen bieten bzw. daß diese dort eventuell schon vorhanden sind, bisher aber übersehen wurden.

brand (Zwergsteinbrand) erst von etwa 1800 m an auftritt, Roggensteinbrand etwa von 1700 m an. Tiefer liegende Felder stets frei! ... die klimatische Abhängigkeit erklärt auch das verschiedene Verhalten der Weizen in Deutschland ..." In der weiter nördlich gelegenen Provinz Gümüsane fand Prof. GASSNER Roggen- und Weizenzwergsteinbrand dann auch bereits in etwas tieferen Lagen von 1600—1620 m (Nr. 28, 49, 51, 52, 54). Die untere Grenze des Zwergsteinbrandauftretens liegt demnach in der Türkei höher als in Mitteleuropa (Türkei 1600 m, Schweiz 620 m). Dies dürfte wahrscheinlich auf das unterschiedliche Gesamtklima beider Gebiete zurückzuführen sein.

Betrachtet man die 1938 von GASSNER (25) gegebenen Abbildungen von Steinbrandsporen aus der Türkei, so erscheint es als wahrscheinlich, daß dieser schon damals bei den von ihm in den Abb. 1 und 2 gezeigten, aus den Provinzen Van und Gümüsane stammenden Proben, die eine starke Schleimschicht und hohe Leisten besitzen, Zwergsteinbrand in Händen gehabt hat.

Die von Prof. GASSNER im Jahre 1953 unternommene Reise in die Türkei berührte nur die Provinzen Ankara, Konya, Samsun, Trabzon und Gümüsane. In den Provinzen Konya, Trabzon und Gümüsane wurden Weizenzwergsteinbrand und Roggensteinbrand gefunden. Nach Einsendungen konnte weiterhin der Zwergsteinbrand mit Sicherheit für die Provinzen Burdur und Malatya nachgewiesen werden; wahrscheinlich kommt er auch in den Provinzen Elazig und Artvin vor. Da auf Grund der 1938 von GASSNER (25) durchgeführten Untersuchungen auch für die Provinz Van ein Zwergsteinbrandauftreten angenommen werden kann, muß mit einer sehr weiten Verbreitung dieser Krankheit in den höher gelegenen Gebieten der Türkei gerechnet werden. Es dürfte sich dabei wohl kaum um eine erst in letzter Zeit erfolgte Ausbreitung handeln, sondern eher ist anzunehmen, daß der Zwergsteinbrand — vorwiegend in unzugänglichen Gebirgslagen vorkommend[1]) — dort bisher übersehen wurde.

WAGNER (87) faßt die Entstehung des Zwergsteinbrandes als Reaktion auf unsere heutige Form der Beizung auf. SAVULESCU (74) vertritt in seiner neuesten Veröffentlichung über die in Rumänien den Steinbrand hervorrufenden *Tilletia*-Arten die Ansicht, daß die Entwicklung dieser Form eine Folge der verstärkten Anwendung von Fungiziden sei. Durch Selektion soll beim gewöhnlichen Steinbrand die Abspaltung einer Dauerform mit verlängertem saprophytischem Stadium, welche Bodeninfektion hervorrufen kann, bewirkt worden sein. Als Beweis hierfür führt er an, daß der Zwergsteinbrand fast gleichzeitig an verschiedenen Stellen der Erde und gerade in Ländern aufgetreten sei, wo Bekämpfungsmittel mit größerer Wirkung seit langer Zeit angewendet werden.

Die Funde des Zwergsteinbrandes in der Türkei, in abgelegenen Gebirgslagen, wo kaum mit einer regelmäßigen und sorgfältigen Getreide-

[1]) Nach dem Reisebericht von Prof. GASSNER waren die Gebiete, in denen er Zwergsteinbrand fand, noch kaum dem Verkehr erschlossen.

beizung gerechnet werden kann, sprechen gegen eine derartige Hypothese. Es ist auch kaum anzunehmen, daß der Zwergsteinbrand aus anderen Gebieten in die Türkei eingeschleppt worden ist; eher dürfte wohl die Türkei als eines der Genzentren unserer Getreide auch einer der Ausgangspunkte für die Entstehung und Herkunft der auf dem Getreide vorkommenden *Tilletia*-Formen sein (14, 62). Weiterhin ist zu bedenken, daß der Roggensteinbrand — eine in der Biologie dem Weizenzwergsteinbrand ähnliche Form — bereits seit etwa 100 Jahren aus verschiedenen Teilen Europas bekannt ist, aus einer Zeit also, wo eine Getreidebeizung noch nicht durchgeführt wurde.

Savulescu (74) berücksichtigt bei seinen Vermutungen über die Herkunft des Zwergsteinbrandes nur die Brandformen von Weizen, nicht aber auch die *Tilletia*-Formen von Gräsern. Nach Untersuchungen anderer Autoren (14, 20) weisen die Brandvorkommen auf Gräsern zumindest morphologisch eine große Ähnlichkeit mit Weizen- und Roggenzwergsteinbrand auf und es gelang mehrfach die Übertragung auf Weizen, Roggen oder Gerste (18, 57, 62). Da die Brandformen von Wildgräsern im Vergleich zu den auf kultiviertem Getreide gefundenen Arten als die ursprünglicheren Formen betrachtet werden müssen, kommen sie nach allem am ehesten als Ausgangspunkt für die Entstehung des Zwergsteinbrandes in Frage.

In der Türkei wurden von Prof. Gassner mehrere Brandproben von Wildgräsern gesammelt, die — wie die vorliegenden Untersuchungen zeigten — mit dem Weizenzwergsteinbrand und Roggensteinbrand keimungsphysiologisch und morphologisch nahe verwandt sind. Die Herkunft dieser Proben ist in der Karte (Abb. 17) verzeichnet[1]). Sie stammen vor allem aus der Umgebung von Ankara (Elmadag) aus einer Höhe von 1400 bis 1850 m. Auffallend ist, daß diese Brandarten von Gräsern von Gassner, ähnlich wie der Weizenzwergsteinbrand und Roggensteinbrand, in der Türkei nur in höheren Lagen gefunden wurden. Auch in der Schweiz scheint, wie mir Herr Dr. Kobel freundlicherweise mitteilte, *T. controversa* auf *Agropyron* vorwiegend in höheren Lagen vorzukommen. Am Elmadag[2]) bei Ankara, wo Prof. Gassner sich längere Zeit aufhielt, war der Brand auf *Agropyron repens* so stark verbreitet, daß gesunde Pflanzen kaum gefunden wurden. Auch der Brand auf *Hordeum bulbosum* war hier reichlich vorhanden. Es handelt sich dabei gerade um die beiden Brandarten, die nach meinen Untersuchungen als die nächsten Verwandten des Zwergsteinbrandes und des Roggensteinbrandes zu gelten haben und die mit diesen beiden zu einer Sammelspecies zusammengefaßt werden müssen.

Beim Brand von *Hordeum murinum* (Nr. 9 und 10) waren die befallenen Pflanzen stark verkürzt und auch beim Brand auf *Agropyron repens*

[1]) Es sind weiterhin noch die untersuchten Herkünfte von *T. foetida* und *T. caries* eingetragen, auf die hier aber nicht näher eingegangen zu werden braucht.

[2]) Zwergsteinbrand oder Roggensteinbrand wurde hier nicht gefunden. Am Yellibel (Prov. Konya) traten Zwergsteinbrand, Roggensteinbrand und Brand von *H. bulbosum* aber zusammen auf.

scheint eine Halmverkürzung vorzuliegen (Abb. 18; vgl. auch CONNERS 14). Nach Übertragung auf Gerste oder Roggen riefen sowohl der Brand von *H. bulbosum* und *H. murinum*, wie der von *Agropyron repens* Halmverkürzungen bei dem neuen Wirt hervor (62).

Abb. 18. Brandbefallene, verkürzte Pflanzen aus der Türkei.

Links — zwei Weizenpflanzen mit Zwergsteinbrand (Herkunft Nr. 46);

Mitte — *Agrop. repens* mit *T. controversa* (Herkunft Nr. 20);

rechts — zwei Roggenpflanzen (Herkunft Nr. 27)

Alles deutet somit, wie schon FISCHER (19) und CONNERS (14) hervorheben, auf eine enge Verwandtschaft zwischen Roggen- bzw. Weizenzwergsteinbrand und dem Brand von Wildgräsern. Ob allerdings auch heute unter natürlichen Verhältnissen die Wildgräser als ständige Infektionsquelle für das Getreide in Frage kommen, oder — was wahrscheinlicher ist — ob die Formen von Wildgräsern und Getreide bereits hinsichtlich des Wirtsbereiches zumeist so spezialisiert sind, daß nur noch in Ausnahmefällen eine wechselseitige Infektion (vgl. AEBI 3) möglich ist, muß offenbleiben.

Zusammenfassung

1. An einer größeren Zahl von *Tilletia*-Herkünften von Weizen, Roggen, *Hordeum bulbosum*, *H. murinum* und verschiedenen *Agropyron*-Arten, sowie an einzelnen Herkünften von *Agrostis vulgaris*, *Aegilops umbellata*, *Lolium linicola*, *Elymus Caput-medusae*, Gerste und *Bromus* sp. aus der Türkei, Europa und Nordamerika wurden vergleichende Sporenmessungen und Keimungsprüfungen durchgeführt, um so einen Überblick über die systematische Zugehörigkeit dieser Formen zu gewinnen. Hierbei interessierte vor allem die Einordnung der *Tilletia*-Formen von Getreide (gewöhnlicher Weizensteinbrand, Weizenzwergsteinbrand und Roggensteinbrand) und die Beziehungen dieser Formen zu den Herkünften von Wildgräsern.

2. Soweit das Material keimfähig war, konnten nach der Temperaturabhängigkeit der Keimung (Sporidienbildung) zwei Gruppen unterschieden

werden. Alle Herkünfte des gewöhnlichen Weizensteinbrandes (*T. caries* und *T. foetida*) keimten auf Schlämmboden sowohl bei + 15 ° wie bei + 3 ° C. Demgegenüber keimten die *Tilletia*-Formen von *Elymus, H. bulbosum, H. murinum, Agropyron* sp. und die Herkünfte des Roggensteinbrandes und Weizenzwergsteinbrandes nur bei 3 °, nicht aber bei 15 ° C. Diese letzten Formen benötigten auch zumeist zur Keimung (Sporidienbildung) eine Belichtung. Nach Passage durch eine andere Wirtsart blieb die Temperaturabhängigkeit der Keimung unverändert, die Keimschnelligkeit hingegen wird möglicherweise durch den neuen Wirt beeinflußt. Zu dieser letzten Frage sind jedoch noch weitere Untersuchungen erforderlich.

3. Bei allen keimfähigen Herkünften von Getreide und Wildgräsern wurden einzellige Primärsporidien gebildet, die später paarweise fusionierten. Sie waren von den beim gewöhnlichen Steinbrand (*T. caries, T. foetida*) gebildeten Sporidien nicht zu unterscheiden, so daß sich dieses Merkmal systematisch nicht verwerten ließ.

4. Als geeignete morphologische Merkmale zur Unterscheidung verschiedener *Tilletia*-Formen erwiesen sich die Sporengröße, die Höhe der Schleimschicht (welche etwa der Leistenhöhe entspricht) und die Größe bzw. die Zahl der Maschen auf der Sporenoberfläche. Passage über einen anderen Wirt beeinflußte diese artspezifischen Merkmale nicht.

Nach der Sporengröße waren zwei Gruppen zu unterscheiden: a) Die großsporigen Formen von *Elymus* (*T. Bornmülleri*), Gerste (*T. Pancicii*), *Bromus* (*T. Guyotiana*), *Agrostis* (*T. decipiens*) und von *Agropyron desertorum*. b) Kleinsporige Formen: Unter diesen hoben sich *T. foetida* von Weizen durch glatte Sporen und charakteristische, aureolenförmige Ausbildung der Schleimhülle und *T. Lolii* auf *Lolium* durch die verhältnismäßig kleinen Maschen und das gelbgefärbte Sporenpulver deutlich als eigene Arten heraus. *T. caries* (die bei 15 ° C keimfähige *Tilletia*-Form von Weizen) und der Brand von *H. murinum* (*T. hordei*) waren durch die niedrige Schleimhülle (unter 1,5 μ dick) gegen die übrigen Formen abzugrenzen. Die Formen von *Agropyron repens, A. intermedium, A. cristatum, A. sibricum, Hordeum bulbosum,* Roggen und die bei 15 ° C nicht keimfähigen Herkünfte von Weizen (Weizenzwergsteinbrand) waren einander sehr ähnlich und müßten am besten zu einer Sammelspecies (*T. secalis* auct. sens.) zusammengefaßt werden. Auch die Herkunft von *Aegilops umbellata* scheint zu dieser Sammelart zu gehören.

5. Die Brandformen von verkürzten und von unverkürzten Roggenpflanzen waren morphologisch und keimungsphysiologisch nicht voneinander verschieden. Es besteht daher kein Anlaß zu der Annahme, daß es sich hierbei um zwei verschiedene Arten handelt.

6. Unter dem untersuchten Material müssen die Brandformen von *Agropyron* sp. (mit Ausnahme der Herkunft von *A. desertorum*) und vor allem die von *H. bulbosum* als die dem Weizenzwergsteinbrand und dem Roggensteinbrand zunächst stehenden Formen angesprochen werden. Die bisher in der Literatur als *T. hordei* zusammengefaßten Brandformen von

H. bulbosum und von *H. murinum* gehören, da sie sich in der Sporenform deutlich unterscheiden, zwei verschiedenen Arten an.

7. Es wird über das von G. GASSNER im Jahre 1953 festgestellte Auftreten des Weizenzwergsteinbrandes und des Roggensteinbrandes in der Türkei berichtet. Die vermutliche Herkunft und Entstehung dieser Zwergsteinbrandformen wird diskutiert.

Literaturverzeichnis

1. AAMODT, O. S., TORRIE, J. H., and TAKAHASHI, K., 1936: The effect of several collections of *Tilletia tritici* and *T. levis* on the morphology of spring wheats. Phytopathology **26**, 344—359.
2. AEBI, H., 1954: La carie naine du froment. Rev. Rom. Agric., Vitic., Arboric. **10**, (6), 52.
3. — —, 1955: La carie naine du froment. Aspect actuel du problème en Suisse. Rev. Rom. Agric., Vitic., Arboric. **11**, (9), 65—68.
4. ANDRES, A. G. und TRUSSOW, N. P., 1924: Studien zur Erforschung der Einwirkung der Brandpilze, besonders *Tilletia secalis*, auf den tierischen Organismus (russisch). Z. Hyg. u. Epidemiologie **3**, 45—58. Zit. n. ZILLIG (93).
5. BÖNING, K., WAGNER, F. und v. MINCKWITZ, A., 1953: Untersuchungen zur Keimungsbiologie und Beizung der Sporen des Zwergbrandes an Weizen. Z. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **4**, (2), 49—71.
6. BREFELD, O., 1895: Untersuchungen aus dem Gesammtgebiete der Mykologie. Münster.
7. BREMER, H., KAREL, G., BIYIKOĞLU, K., GÖKSEL, N. und PETRAK, F., 1952: Beiträge zur Kenntnis der parasitischen Pilze der Türkei. Rev. fac. sci. univ. d'Istanbul, Sér. B, **17**, (2), 161—181.
8. BRESSMAN, E. N., 1931: Physiologic forms of bunt of wheat and varietal resistance. Phytopathology **21**, 108.
9. — —, 1932: *Lolium* infected with bunt of wheat. Phytopathology **22**, 865—866.
10. BUBAK, F., 1909: Eine neue *Tilletia*-Art. Z. landw. Versuchswesen Österr., 545—549.
11. — —, 1916: Die Pilze Böhmens. II. Brandpilze (*Hemibasidii*). Arch. naturw. Landesdurchforsch. v. Böhmen, Prag **15**, 3. Zit. n. ZILLIG (93).
12. BUCHHEIM, A., 1926: Phytopathologische Forschung und Schädlingsbekämpfung in Rußland. Angew. Bot. **8**, 1—8.
13. COHN, F., 1876: Über die in Schlesien im Getreide beobachteten Brandpilze. Jber. Schles. Ges. vaterl. Kultur **54**, 135.
14. CONNERS, I. L., 1954: The organism causing dwarf bunt of wheat. Canad. J. Bot. **32**, 426—431.
15. — —, and SAVILE, D. B. O., 1949: Twenty-eighth annu. rep. Canad. plant disease surv. 1948. Ref. RAM, 1950: **29**, 80.
16. — —, and SKOLKO, A. J., 1953: Bunt situation in winter wheat in Ontario. Canad. J. Agric. Sci. **33**, 597—605.
17. CORDA, A. C. J., 1848: Der Kornbrand. Hlubeks oekonom. Neuigkeiten u. Verhandl. **1**, 9—12.

18. Fischer, G. W., 1939: Studies on the susceptibility of forage grasses to cereal smut fungi III. Further data concerning *Tilletia levis* and *T. tritici*. Phytopathology **29**, 575—591.

19. — —, 1952: *Tilletia brevifaciens* sp. nov., causing dwarf bunt of wheat and certain grasses. Res. Stud. State Coll. Wash. **20** (1), 11—14.

20. — —, 1953: Manual of the North American smut fungi. New York.

21. — —, and Tyler, L. J., 1952: Is there an earlier record of dwarf bunt than 1931? Plant Dis. Rep. **36** (12), 445—447.

22. Fuchs, W., 1949: Fortschritte der Resistenzzüchtung (RZ) bei Getreide im letzten Jahrzehnt. Z. Pflanzenzüchtg. **28** (2), 230—239.

23. Gaines, E. F. and Stevenson, F. J., 1923: Occurents of bunt in rye. Phytopathology **13**, 210—215.

24. Gassner, G., 1938: Untersuchungen über Keimgeschwindigkeit und Infektionsvermögen verschiedener Stämme von *Tilletia foetens* und *Tilletia tritici*. Phytopath. Z. **11**, 5, 489—516.

25. — —, 1938: Über Auftreten und Verbreitung von *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens* in der Türkei. Phytopath. Z. **11**, 469—488.

26. — —, und Niemann, E., 1954: Untersuchungen über die Temperatur- und Lichtabhängigkeit der Sporenkeimung verschiedener *Tilletia*-Arten. Phytopath. Z. **21**, 367—394.

27. — —, — —, 1954: Symptome der Steinbranderkrankung (*Tilletia*) bei Weizen und Roggen. Phytopath. Z. **22**, 288—300.

28. — —, — —, 1955: Synergistische und antagonistische Wirkung von Pilzen und Bakterien auf die Sporenkeimung verschiedener *Tilletia*-Arten. Phytopath. Z. **23**, 395—418.

29. Gassner-Hoechst, G. G., 1953: Untersuchungen über Keimungsbedingungen und Bekämpfungsmöglichkeiten beim Zwergsteinbrand (*Tilletia brevifaciens*) im Laboratorium. Phytopath. Z. **21**, 53—62.

30. — — —, 1954: Vergleichende Versuche mit Pentachlornitrobenzol und Hexachlorbenzol zur Bekämpfung des Zwergbrandes im Laboratorium. Aus dem Forschungslab. f. Pfl.schutz d. Farbwerke. (Vervielfältigt).

31. Grasso, V., 1946: Le specie di *Tilletia* del Frumento esistenti in Italia. R. C. Acad. Lincei, Ser. VIII, 1, 1362—1364. Ref. RAM, 1948: **27**, 415.

32. Hardison, J. R., 1954: New grass host records and life history observations of dwarf bunt in eastern Oregon. Plant Dis. Rep. **38** (5), 345—347.

33. — —, and Corden, M. E., 1952: A serious outbreak of dwarf bunt in tall oat grass in Oregon. Plant Dis. Rep. **36** (9), 343—344.

34. — —, Fenwick, H. S., and Meiners, J. P., 1955: Additional grass hosts and a revised host list for dwarf bunt. Plant Dis. Rep. **39** (9), 685—687.

35. Holton, C. C., 1935: Studies on seven differentiating characteristics of two physiologic forms of *Tilletia tritici*. Phytopathology **25**, 1091—1098.

36. — —, 1941: Preliminary investigations on dwarf bunt of wheat. Phytopathology **31**, 74—82.

37. — —, 1943: Chlamydospore germination in the fungus causing dwarf bunt of wheat. Phytopathology **33**, 732—735.

38. — —, 1954: Natural hybridization between common and dwarf bunt as related to the problem of delimination of species of *Tilletia* occurring on wheat. Phytopathology **44**, 493.

39. HOLTON, C. C., BAMBERG, R. H., and WOODWARD, R. W., 1949: Progress in the study of dwarf bunt of winter wheat in the pacific Northwest. Phytopathology **39**, 986—1000.

40. — —, and HEALD, F. D., 1936: Studies on the control and other aspects of bunt of wheat. Wash. Agric. Exp. Stat. Bull. **339**, 22—23. Zit. n. WAGNER (86).

41. — —, and VOGEL, O. A., 1952: Evidence of pathogenic specialization in dwarf bunt of winter wheat in the pacific Northwest. Plant Dis. Rep. **36** (11), 434.

42. HULEA, A., 1947: Speciile de *Tilletia* care produc mălura Graului. (Franz. Zsfssg.) Publ. Inst. Cerc. agrar. României **99**, 178 pp. Ref. RAM, 1948: **27**, 468.

43. JACZEWSKI, A. DE, 1923: Sur le développement menacant du *Tilletia secalis* Kühn en Russie pendant les dernières années. Rep. internat. conf. Phytopath. etc., Wageningen, 267. Zit. n. VOLKART (84).

44. KÖHLER, E., und KLINKOWSKI, M., 1954: Viruskrankheiten. In Handb. Pflanzenkrkh. 6. Aufl. Berlin u. Hamburg. **2.**

45. KOLLER, S., 1943: Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen. 2. Aufl., Dresden u. Leipzig.

46. KÖRNICKE, F., 1872: Sitzber. niederrhein. Ges. Natur- u. Heilkunde, Bonn. Sitzg. v. 6. Mai 1872, 98.

47. — —, 1877: Mycologische Beiträge. Hedwigia **16**, 29—31.

48. KOUDELKA, H., 1934: Neue Probleme in der Brandpilzfrage. Nachr. Schädlingsbek. **9**, 100—104.

49. KÜHN, J., 1858: Zit. n. LIRO (53).

50. — —, 1874: *Tilletia contraversa* Julius Kühn. Hedwigia **13**, 188—189.

51. — —, 1876: *Tilletia secalis* Julius Kühn. Hedwigia **15**, 120.

52. — —, 1876: *Tilletia secalis*, eine Kornbrandform des Roggens. Bot. Ztg. **34**, 470.

53. LIRO, J. I., 1924 u. 1938: Die Ustilagineen Finnlands, I. u. II. Ann. Acad. Sci. Fenn., Ser. A. **17** u. **42**, Helsinki.

54. LOWTHER, C. V., 1948: Low temperature as a factor in the germination of dwarf bunt chlamydospores. Phytopathology **38**, 309—310.

55. MALKOFF, K., 1908: Erster Beitrag zur Kenntnis der Pilzflora Bulgariens. Ann. Mycologici **6**, 29. Zit. n. VOLKART (84).

56. MALMUS, N., 1942: Zur Bekämpfung des Weizensteinbrandes. Wochenbl. Landesbauernsch. Bayreuth **4**, 771—772. Zit. n. WAGNER (86).

57. MEINERS, J. P., 1955: Preliminary report on cross inoculations with dwarf bunt on wheat and grasses. Plant. Dis. Rep. **39** (2), 161—162.

58. MIGULA, 1834: in THOMÉ: Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. Leipzig **3**, Pilze I, 743—754.

59. MILLER, P. R., 1952: Plant disease situation in the United States. F. A. O. Pl. Prot. Bull. **1** (3), 36—37. Ref. RAM, 1953: **32**, 472.

60. MITRA, M., 1935: Stinking smut (bunt) of wheat with special reference to *Tilletia indica* Mitra. Indian J. Agric. Sci. **5** (1), 1—24.

61. NEERGARD, P., 1945: Danish species of *Alternaria* and *Stemphylium*. Oxford Univ., Press, London.

62. NIEMANN, E., 1954: Zwergsteinbrand bei Roggen und Gerste nach künstlicher Infektion mit verschiedenen *Tilletia*-Arten. Z. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **5**, 24—28.

63. NIESSL, G. v., 1876: Über das Vorkommen von *Tilletia secalis* J. Kühn. Hedwigia **15**, 161.

64. Pichler, F., 1950: Über Roggensteinbrand (*Tilletia tritici* f. sp. *secalis*). Pflanzenschutzber. **5**, 273—286.

65. — —, 1951: Zwergsteinbrand auch in Österreich. Pflanzenarzt **4** (11), 4.

66. — —, 1953: Zur Frage der Keimung von Roggen- und Zwergsteinbrandsporen. Pflanzenschutzber. **9**, 12—17.

67. — —, 1954: Über den Zwergsteinbrand. Pflanzenarzt **7**, 3.

68. Rabenhorst, L., 1849: *Uredo secales* Rabenh., der eigentliche Roggenbrand, eine neue Pilzart. Flora **32**, 209.

69. Rapin, J., et Terrier, Ch., 1952: La carie naine du froment. Rev. Rom. Agric., Vitic., Arboric. **8** (3), 17—19.

70. — —, — —, 1952: La carie naine du froment en Suisse romande au cours de la campagne 1951—1952. Rev. Rom. Agric., Vitic., Arboric. **8** (9), 65—67.

71. Rayss, T., 1952: Étude de quelques *Ustilaginées* recoltées en Palestine. Palest. J. Bot., J. Ser. **5** (4), 229—236. Ref. RAM, 1954: **33**, 564.

72. Reichert, J., 1931: *Tilletia tritici* on *Aegilops*. Transact. Brit. Mycol. Soc. 16 (2 u. 3), 133—135.

73. Riehm, E., 1954: Der Zwergbrand (*Tilletia brevifaciens* G. W. Fischer). Z. Pflanzenkrkh. (Pflanzenpath.) u. Pflanzenschutz **61**, 129—139.

74. Săvulescu, T., 1956: Die physiologischen Rassen von *Tilletia foetida* (Bauer) Liro und die den Steinbrand hervorrufenden *Tilletia*-Arten in der Rumänischen Volksrepublik. Phytopath. Z. **25** (3), 267—310.

75. — — (unter Mitarbeit von Hulea, A. und Stănescu, A.), 1944: Das Vorkommen und die Verbreitung der in Rumänien den Weizensteinbrand hervorbringenden *Tilletia*-Arten. Phytopath. Z. **14**, 148—187.

76. Schellenberg, H. C., 1911: Die Brandpilze der Schweiz. Bern.

77. Schmidt, T., 1949: Das Auftreten wichtiger Krankheiten und Schädlinge an Kulturpflanzen in Österreich im Jahre 1948. Pflanzenschutzber. Wien **3**, 48—51.

78. Schroeter, J., 1889: Pilze, *Ustilaginaceae* (in Cohn, F., Kryptogamenflora von Schlesien). Breslau **3**, 266—291. Zit. n. Zillig (93).

79. Sörgel, G., 1955: Zur Wirkung der Temperatur auf die Größe von Pilzsporen. Naturwissenschaften **42** (20), 565—566.

80. Tillet, M., 1755: Dissertation sur la cause qui corrompt et noircit les grains de blé dans les épis et sur les moyens de prevenir ces accidents. Bordeaux. Zit. n. Bressmann (9).

81. Tisdale, W. H., und Tapke, V. F., 1927: Smuts of wheat and rye and their control. U. S. Dep. Agr., Farmers' Bull. Nr. 1540.

82. Viennot-Bourgin, G., 1944: Nouvelle contribution à l'étude de la flore cryptogamique du Valais (Suisse). Rev. Mycologie N. S. **9** (4—6), 37—74. Ref. RAM, 1947: **26**, 173.

83. — —, et Zieglé, J., 1952: La carie des grains de Seigle en France. C. R. Acad. Agric. Fr. **38** (18), 729—730.

84. Volkart, A., 1939: Der Roggensteinbrand (*Tilletia secalis* [Corda] Kcke.). Ber. Schweiz. Bot. Ges. **49**, 495—503.

85. Wagner, F., 1948: Über das Auftreten von Zwergsteinbrand in Bayern. Pflanzenschutz **1** (1), 1—2.

86. — —, 1950: Auftreten, Sporenkeimung und Infektion des Zwergsteinbrandes an Weizen. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **1**, 1—13.

87. Wagner, F., 1952: Neue Ergebnisse zur Bekämpfung des Zwergsteinbrandes. Z. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **3** (2), 84—89.

88. Warmbrunn, K., 1952: Untersuchungen über den Zwergsteinbrand. Phytopath. Z. **19**, 441—482.

89. — —, 1954: Diskussionsbemerkung zu Wagner. Z. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz **5**, 18.

90. Winter, 1884: in Rabenhorsts Kryptogamen-Flora, Pilze, I. Abtlg.

91. Woodward, R. W., Holton, C. S., and Vogel, O. A., 1952: Dwarf bunt in rye. Plant Dis. Rep. **36** (11), 434.

92. Young, P. A. A., 1935: An new variety of *Tilletia tritici* in Montana (Abstr.). Phytopathology **25**, 40.

93. Zillig, H., 1932: *Ustilaginales* in Handb. Pflanzenkrankh., 5. Aufl., **3**, 134—285.

94. Zogg, H., und Kobel, F., 1954: Der Zwergbrand, eine neue gefährliche Weizenkrankheit. Mitt. Schweiz. Landwirtsch. **2**, 92—96.

95. Zundel, G. L., 1953: The *Ustilaginales* of the world. State Coll. Pennsylvania, Contrib. No. 176, Departm. Bot.

Nach Abschluß des Manuskriptes erschienen noch weitere Arbeiten zu diesem Thema von Duran und Fischer (Phytopathology **46**, 11, 1956); Sibilia (Plant Prot. Bull. **3**, 131 bis 137, 1955); Săvulescu (Pflanzenschutzkongreß Berlin, 1955); Fischer und Duran (Phytopathology **46**, 12, 1956); Foster und MacSwan (RAM. **28**, 443, 1949) und Kobel (Phytopath. Z. **26**, 31—34, 1956), die hier nicht mehr berücksichtigt werden konnten.

Section of Virology, Instituto Agronômico, Campinas, São Paulo, Brazil

Anthocyanosis, a Virus Disease of Cotton in Brazil

By

A. S. Costa

With 2 plates (9 figures)

Table of Contents: I. Introduction. — II. Material and methods. — III. Geographic distribution. — IV. Economic importance. — V. Host range. A. Plants found naturally affected and plants infected artificially. B. Susceptibility of host plants to the disease. — VI. Description of symptoms. A. Diseased cotton plants in the field. B. Diseased cotton plants in the greenhouse. C. Cotton anthocyanosis symptoms resemble those due to magnesium deficiency. D. Nature of the purple or red pigment associated with anthocyanosis. E. Symptoms on other host plants. — VII. Transmission of the disease. A. Seed transmission. B. Transmission by tissue union. C. Mechanical inoculation. D. Transmission by insects. — VIII. Virus-vector-plant relationships. A. Influence of number of viruliferous vectors per plant on percentage of infection. B. Feeding period required by non-viruliferous *Aphis gossypii* to become infective. C. Feeding period required by viruliferous *Aphis gossypii* to infect cotton seedlings. D. Comparative efficiency of yellow and dark types of *Aphis gossypii* as vectors of anthocyanosis. E. Transmission efficiency of vectors fed on young versus old leaves. F. Persistence of the cotton anthocyanosis virus in the aphid vector. G. The anthocyanosis virus is recoverable from inoculated cotton plants before the symptoms become apparent. — IX. Control. — X. Discussion. — XI. Summary. — Zusammenfassung. — Literature cited.

I. Introduction

Plants of many varieties of Upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) develop abnormally large amounts of purple or red pigment in their leaves when subject to conditions of stress. Quite many factors may bring about these conditions, such as insect attacks, deficiency of certain plant nutrients, infection by diseases, senescence, etc.

It has been known for quite many years that cotton plantings in the state of São Paulo, Brazil, developed strong purpling or reddening in their leaves in certain seasons. The attention of the growers to this phenomenon was called especially after cotton rust or potassium deficiency was recognized in some red soil areas of the state.

In the beginning, cotton rust and all types of purpling or reddening of cotton leaves were lumped together under the name "vermelhão" (reddening). Later observations and experiments (2)[1]) showed that many different causes

[1]) Numbers in parenthesis refer to literature cited.

were involved and could induce the appearance of abnormal purple or red pigment in cotton leaves. It was also pointed out that one of the most important factors in relation to purpling or reddening of cotton leaves was the infection of the plant by an insect-transmitted virus disease, being then suggested that the name „vermelhão" be restricted to the cases where the plant was affected by this disease. The present paper reports the results of experiments carried out with the virus responsible for cotton anthocyanosis or „vermelhão".

II. Material and methods

The anthocyanosis virus used in most of the experiments described in this paper was isolated from cotton plants growing at the main experiment station of the Instituto Agronômico, Campinas. Other virus collections were made from different parts of the state, but were not in any way different from the Campinas sources. The virus was maintained in cotton plants in a small greenhouse compartment. Viruliferous vectors were reared on diseased cotton plants, and non-viruliferous insects were bred on healthy okra plants *(Hibiscus esculentus* L.).

In most experiments cotton plants of the variety Campinas 817[2]) were used, since they are good indicators, displaying rather conspicuous symptoms. The seedlings were raised in 8-inch aluminum pots, 4 plants being allowed to grow in each pot. One-gallon oil cans or larger containers were used in experiments in which the cotton plants were permitted to grow until bearing a crop.

Most inoculation experiments with the vector were carried out when the seedling cotton plants were at the cotyledonary stage. The insect vector was transferred by means of a small brush, or pieces of infected leaves, bearing the required number of vectors, were cut and placed on the plants to be infested, and the insects were then allowed to transfer onto the test plant. The insect vectors were left to feed on the test plants for at least 48 hours and were then killed with a nicotine or parathion spray. Control plants in the various experiments were not infested or received non-viruliferous vectors that were handled in the same way.

III. Geographic distribution

Anthocyanosis is present in all cotton growing areas of the state of São Paulo. A survey of cotton plantings in 25 counties was made in 1954. The disease was present in all plantings that were examined, in percentages varying from 5 to 100. Since then, anthocyanosis has been recorded in practically all full grown plantings that have been examined by the author in the state of São Paulo.

[2]) All variety numbers referred in this paper are those in the cotton collection of the Instituto Agronômico, Campinas.

Cotton anthocyanosis was recorded in two cotton growing areas of northeastern Brazil, that is, in the Seridó region (state of Rio Grande do Norte) and in Alagoinha (state of Paraíba).

So far as the author is aware, a virus disease similar to anthocyanosis has not been mentioned from other cotton growing areas of the world. It should be noticed, however, that cotton anomalies characterized by abnormal red pigmentation of the leaves have been reported from other countries and attributed variedly to insect attack and nutritional deficiencies. It is possible that in these areas, as in Brazil, a virus disease similar to anthocyanosis may be present, and its effects have been confused with those due to other causes.

IV. Economic importance

The observation of cotton plants in the field indicates that the reduction in yield caused by anthocyanosis is apparently slight. A few tests were carried out in the greenhouse and in the field in an attempt to compare the yields of healthy plants with that of anthocyanosis-infected ones. For both the greenhouse and field tests the cotton seedlings were started in small pots in the greenhouse. The plants were inoculated when they had only the two cotyledonary leaves, by means of the insect vector. These were killed after 2 or 3 days. Infection was very good and since 2 or 3 plants were inoculated in each pot, there was a chance later to select those infected and eliminate the ones that escaped infection. Infected and control plants were

Table 1

Results of tests carried out to compare the yields of healthy and anthocyanosis-infected cotton plants

Variety	Treatment applied to test plants	Average yield of seed cotton per plant (grams) in 3 tests			Average percentage of yield reduction
		1[a]	2[b]	3[c]	
Campinas 817	inoculated	91.0	53.9	27.7	35.9
	control	118.0	85.4	53.3	
I.A. 7387–24 940	inoculated	95.0	—	12.7	40.2
	control	119.4	—	31.7	
I.A. 7111–028–16824	inoculated	112.9	—	20.0	18.6
	control	117.0	—	30.3	
I.A.G. 43/981	inoculated	—	—	20.2	43.1
	control	—	—	35.5	
I.A.G. 48/530	inoculated	—	—	19.4	46.1
	control	—	—	35.8	
I.A. 7111–028–3136	inoculated	—	—	34.1	20.5
	control	—	—	42.9	

[a] Average yield of 10 plants grown in large pots in the greenhouse; [b] 50 field plants; and [c] 15 field plants.

later repotted in larger containers for the greenhouse test or transplanted to the field. It was found difficult to prevent control plants from becoming infected in the field tests, even if frequent insecticide sprays were applied to the plants. The results of the greenhouse and field experiments are in table 1.

As it can be seen, the average yield reduction caused by anthocyanosis was about 35 per cent. This would apparently indicate that the disease caused heavy losses. It must be taken into account, however, that under the conditions of the experiments just described, the cotton plants were infected at an early stage and infection was practically 100 per cent from the beginning. These results represent, therefore, maximum losses, and the conditions that brought them about would hardly be duplicated in commercial plantings.

V. Host range

A. Plants found naturally affected and plants infected artificially

Cotton anthocyanosis has been found to be quite widespread among commercial varieties of *Gossypium hirsutum* cultivated in the state of São Paulo and also in varieties planted in the experiment stations for breeding purposes. The disease was found to affect the Mocó cotton (*G. hirsutum* L. var. *Marie Galante* Hutch.) in the state of Rio Grande do Norte and the varieties Watson and A. F. C. in the Alagoinha station of the state of Paraíba.

In the state of São Paulo, the anthocyanosis virus has been recovered from naturally infected plants of *Gossypium barbadense* L., kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) okra, and *Sida rhombifolia* L.

In greenhouse tests, the anthocyanosis virus has been inoculated and recovered from the following host plants: *Gossypium arboreum* L., *G. barbadense, G. hirsutum,* kenaf, okra, *Sida micrantha* St. Hil., and *S. rhombifolia.* A number of species belonging to *Leguminosae, Solanaceae,* and to other families were also inoculated with the virus, but so far only representatives of *Malvaceae* have proven susceptible.

B. Susceptibility of host plants to the disease

Evidence obtained in a number of tests in which several commercial varieties of cotton were inoculated with the anthocyanosis virus indicated that there was little difference in susceptibility among them. However, the severity of the symptoms displayed by infected plants of different varieties was not the same. The varieties Campinas 817 and I. A. G. 43/981 showed more severe symptoms than either I. A. 7111—028 or I. A. 7387.

When *Sida rhombifolia* and *S. micrantha* were inoculated comparatively with the anthocyanosis virus, the former species was more susceptible than the latter. Also, virus was recovered more easily from *S. rhombifolia* than from *S. micrantha.*

VI. Description of symptoms

A. Diseased cotton plants in the field

Young cotton plantings do not show symptoms of anthocyanosis. Affected plants usually begin to show the symptoms when they have 3 or 4 foliage leaves, but the disease becomes more noticeable after they reach half or more of their full size.

When anthocyanosis first appears in a planting, it occurs mostly in scattered areas, although some diseased plants may be observed outside those areas. In old plantings symptoms of the disease become quite widespread.

The most conspicuous symptom of cotton anthocyanosis is the presence of purplish or reddish areas, mostly limited by the veins, in some of the lower or medium leaves of the plants (Plate 1, B, C and D). Purpling or reddening is usually preceded by chlorosis, and those chlorotic areas turn purple or red under the influence of light. In some of the leaves the whole surface becomes thus discolored, except for the veins and for narrow bands on each side of these. Although the symptoms are more severe in the lower leaves, some, bearing symptoms, may be seen on the plants above leaves that are still green. In late stages of the disease, that generally coincides with old age of the plant, the anthocyanosis symptoms may be seen in the upper leaves of the plants.

Following the onset of the disease, the new leaves formed do not show the symptoms in the beginning, and the lower leaves that had them may be dropped so that the plants look healthy. Later, as the leaves on the plant age, the symptoms are exhibited again. The same happens when affected plants are cut back. The new flushes of growth do not show symptoms in the early stages, but only when the leaves become older.

B. Diseased cotton plants in the greenhouse

When cotton seedlings growing in the greenhouse are infected by means of the vector, the symptoms of the disease appear from 12 to 30 days after inoculation. The first symptom that can be noticed is the presence of yellow areas between the veins of the cotyledonary leaves (Plate 2, C) or in the lower foliage leaves (Plate 2, A and B). These also show a somewhat rough appearance. The cotyledonary leaves in most cases also show epinasty (Plate 2, E), forming a 90° or greater angle with the petiole. The growth of infected plants is slowed down when compared with that of non-inoculated plants, or with that of plants that received non-viruliferous aphids. The difference in size between diseased and healthy plants is rather great when they are about half grown; it practically disappears when the plants become adult.

Infected plants in the greenhouse do not show red or purple discoloration of the leaves or may show only some shades of it, remaining the leaf symptoms mostly chlorotic. If such plants are placed in the sun, reddening of the chlorotic areas usually ensues in a week or two.

Plate 1.

Symptoms caused by anthocyanosis in cotton plants exposed to the sun. A. Healthy plant; B and D. Affected plants showing the pigmented areas in the leaves; C. Leaf from an affected plant showing the pattern of the pigmented areas

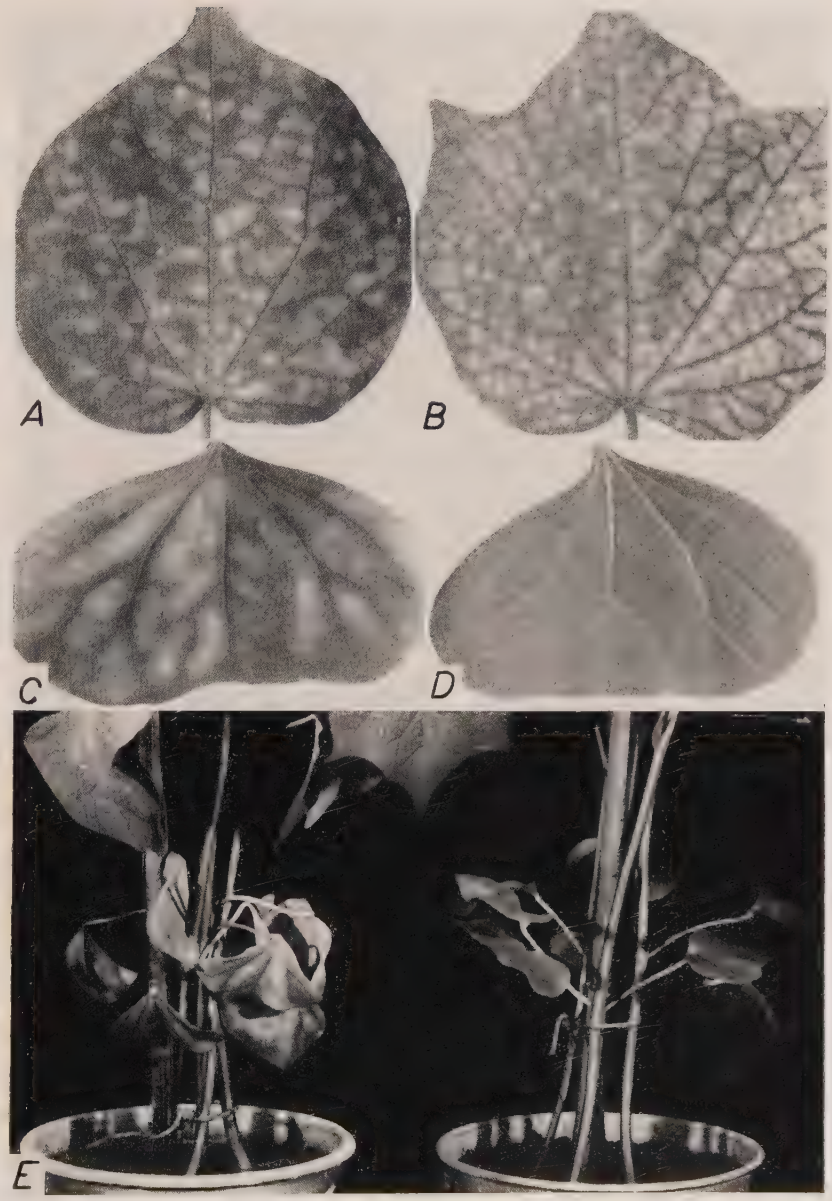


Plate 2.

Symptoms caused by anthocyanosis in greenhouse grown cotton plants. A. and B. Foliage leaves presenting chlorotic patterns; C. Yellow areas between the veins in the cotyledon from an infected plant; D. Cotyledon from a healthy plant; E. Infected cotton seedlings (left) showing epinasty of cotyledons. Control plants on right

Ordinary greenhouse glass retains ultraviolet radiation. A preliminary experiment was carried out, therefore, to determine whether reddening of chlorotic areas in the leaves of greenhouse cotton plants infected by anthocyanosis could be brought about by a supplement of ultraviolet radiation. In this experiment, plants showing conspicuous chlorotic symptoms were submitted daily for one hour to the radiation produced by a small, home-type ultraviolet lamp. The treatment was carried out for ten days. None of the treated plants showed more reddening than the untreated control plants. This might indicate that the ultraviolet radiation produced by the lamp was insufficient or that the formation of red or purple pigment in the leaves is more dependent on light intensity than on the ultraviolet part of the spectrum.

C. Cotton anthocyanosis symptoms resemble those due to magnesium deficiency

Although not identical, anthocyanosis symptoms are rather similar to those of cotton plants showing magnesium deficiency in their leaves. In fact, chemical analysis of cotton leaves from plants infected with anthocyanosis and from control plants showed that the reddish or purplish leaves from diseased plants had a lower magnesium content than the leaves from normal plants. In addition, potassium and calcium were also lower in the diseased leaves. The results of these analysis are in table 2.

Table 2

Results of chemical analysis of cotton leaves from healthy controls and from anthocyanosis-infected plants

Test No.	No. of plants tested	Average percentage of the indicated element in dry matter of leaves from healthy and from anthocyanosis-infected plants					
		MgO		K_2O		CaO	
		Control	Diseased	Control	Diseased	Control	Diseased
1[a]	4	0.98	0.70	3.25	2.84	5.01	4.72
2	6	1.31	1.10	1.60	1.41	6.10	4.94
3	6	0.94	0.81	2.25	2.01	5.50	5.41
4	5	1.06	0.61	2.02	1.83	4.45	3.03
5	5	1.03	0.81	1.92	1.53	4.83	3.66

The chemical analysis of leaf samples in tests 1 to 3 were carried out in the Section of Soil Fertility, Instituto Agronômico; Samples in tests 4 and 5 were analysed in the Co-operative Laboratory, IBEC Research Institute and Instituto Agronômico, Campinas.

The similarity of symptoms and the actual lower magnesium content in diseased cotton leaves is probably the reason why cotton anthocyanosis has been confused with non-pathological magnesium deficiency (3, 4).

That lack of available magnesium in the soil was not a factor in case of cotton plants that had been infected with the anthocyanosis virus was shown in numerous experiments in which only infected plants showed symptoms and none of the controls, although they were growing in pots

filled with the same soil. Furthermore, in some tests magnesium sulfate or dolomite were added in rather large amounts to the soil used to pot cotton seedlings, but in no case did this prevent the infected plants from showing symptoms.

D. Nature of the purple or red pigment associated with anthocyanosis

Since the beginning of this work it was assumed that anthocyanin was the pigment formed in leaves of cotton plants affected by anthocyanosis. This assumption was confirmed by the results of comparative analysis of purplish leaves from diseased plants and green leaves of about the same physiological age from healthy plants. These analysis, carried out by paper chromatography[3]), indicated that the purplish leaves from anthocyanosis-infected plants had a much higher anthocyanin content than healthy leaves.

E. Symptoms on other host plants

No definite symptom of disease has been observed in infected plants of *Sida rhombifolia*, *S. micrantha*, and okra. Virus, however, has been recovered from plants of these species that did not show symptoms.

VII. Transmission of the disease

A. Seed transmission

Several thousand seeds, harvested from cotton plants affected by anthocyanosis, were sown in pots in the greenhouse. The plants arising from such seed were grown until they reached full size. None showed symptoms of the disease, thereby indicating that no seed transmission occurred.

B. Transmission by tissue union

The cotton anthocyanosis virus is easily transmitted by grafting. A source of this virus has been maintained in the greenhouse by continuous graft transfers onto a series of healthy plants. This source showed no change at all in the symptoms produced on the grafted plants even after the 6th transfer.

C. Mechanical inoculation

Several attempts were made to transmit the anthocyanosis virus by mechanical methods, involving the following variations in procedure: test plants were inoculated at various ages; inoculum was extracted from young or old leaves in presence of water, 0.02 M sodium sulfite, 0.05 M phosphate

3) The author is greatly indebted to Prof. E. Malavolta, E. S. A. Luiz de Queiroz, Piracicaba, for carrying out the analysis of diseased and healthy leaves by paper chromatography.

buffer, or a mixture of both; also, test plants were submitted to a conditioning period in the dark prior to inoculation; and inoculation was carried out by rubbing with the help of carborundum or by needle punctures. A total of 467 plants were thus variedly inoculated, but none became diseased. Also 160 control plants remained healthy.

D. Transmission by insects

Early tests showed that the cotton anthocyanosis virus was transmitted by the melon or cotton aphid, *Aphis grossypii* Glov., one of the common insect pests of the cotton plant in São Paulo. For this reason, most of the insect transmission work was conducted with this species. They are given

Table 3

Results of transmission tests of the cotton anthocyanosis virus by the aphid vector, *Aphis gossypii*

Test No.	Number of cotton seedlings infested and infected with the indicated number and type of insect vector					
	Viruliferous			Non-viruliferous		
	Aphids per plant	Plants		Aphids per plant	Plants	
		Infested	Infected		Infested	Infected
1	100	10	10	0	10	0
2	20	15	11	0	15	0
3	25	18	18	0	15	0
4	20	38	20	0	20	0
5	25	39	30	50[a]	20	0
6	25	20	20	25[a]	20	0
7	25	20	19	25[a]	20	0
8	25	20	20	25[b]	20	0
9	50	15	13	50[c]	15	0
10	25	40	40	50[c]	40	0
11	50	40	40	200[c]	40	0

a, b, c Aphids from healthy plants of okra, cucumber *(Cucumis sativus* L.), and cotton, respectively.

in table 3. Some other aphids and one species of thrips were also tested in the transmission of the disease with negative results. Data from these tests are in table 4.

Myzus persicae Sulz. did not feed well on cotton plants in the early tests with this species. By colonizing great numbers of insects on young cotton plants and by successive transfers onto fresh plants of those that remained alive, it was possible to select a race of *M. persicae* that fed and bred rather well on cotton. Transmission tests with this race gave negative

results, except for 2 plants out of 20 in one of the runs that showed the disease. This result is considered doubtful and might represent accidental contaminations.

Table 4

Results of tests in which transmission of cotton anthocyanosis was attempted with various species of insects

Species tested	No. of insects per plant	Number of plants	
		Infested	Infected
Macrosiphum solanifolii	10	20	0
	25	15	0
Myzus persicae	5	20	0
	10	100	2?
	25	20	0
	50	20	0
Toxoptera aurantii	25	20	0
Toxoptera citricidus (Kirk.)	10	20	0
Cotton thrips	15	20	0

Macrosiphum solanifolii (Ashm.) and *Toxoptera aurantii* Koch fed fairly well on cotton plants. These species were unable to transmit the anthocyanosis virus. Also a species of thrips, the heavy infestation of which is associated with another type of reddening of cotton leaves, was not able to transmit the virus. Greenhouse observations have also indicated that *Bemisia tabaci* Genn. is not a vector of the anthocyanosis virus.

VIII. Virus-vector-plant relationships

A. Influence of number of viruliferous vectors fed per plant on percentage of infection

A series of tests was carried out with viruliferous vectors to determine the influence of the number of insects used per plant on the percentage of transmission. In these tests, the required number of insects was transferred from the diseased plants on which they were bred onto the healthy seedlings, by means of a small brush, and left on these for at least two days. After the feeding period, the insects were killed with a nicotine spray. The results of 9 tests are in table 5. Single insects were able to transmit the disease in a small number of cases, but even with 25 insects per plant infection was not very high.

Observations made in routine tests have indicated that when the insect vector is transferred with a brush, transmission results are generally poorer

than when pieces of leaves bearing the viruliferous vectors are just placed on the leaves of the cotton seedlings to be infested, and the insects are allowed to crawl over to the test plants.

Table 5

Results of tests on transmission of anthocyanosis with different numbers of vectors

Test No.	Number of cotton seedlings infested and infected with the indicated number of viruliferous vectors			
	0	1	5	25
1	20/0	—/—	20/10	20/18
2	20/0	20/3	20/8	20/13
3	20/0	20/3	20/1	20/5
4	20/0	20/0	20/0	20/2
5	20/0	60/0	20/0	20/1
6	20/0	60/2	20/2	20/10
7	20/0	60/0	20/0	20/4
8	20/0	60/3	20/4	20/15
9	20/0	62/2	20/1	20/7
Totals	180/0	360/10	180/26	180/75

B. Feeding period required by non-viruliferous *Aphis gossypii* to become infective

Three tests were carried out to determine how long non-viruliferous vectors have to feed on diseased cotton plants to become infective. Non-viruliferous insects bred on healthy okra plants were placed on diseased cotton plants and permitted to feed. At established intervals, insects were

Table 6

Results of tests to determine the feeding period required by non-viruliferous *Aphis gossypii* to become infective

Test No.	Number of cotton seedlings infected out of 20 infested by non-viruliferous aphids that had fed on the source of virus for the indicated number of hours:				
	1	6	12	24	48
1	0	1	5	3	5
2	0	0	3	6	8
3	0	0	5	5	20

removed by means of a small brush and colonized on seedling cotton plants (20—25 insects per plant), on which they were allowed to feed for 48 hours or longer, being then killed. The results of the tests are in table 6. One-hour feeding on the diseased plants was not enough for the vector to become

infective; after a six-hour feeding period, 1 plant out of 60 became diseased, but it seems that only after feeding for 12 hours is that the vector appears to acquire enough virus to become moderately infective.

C. Feeding period required by viruliferous *Aphis gossypii* to infect cotton seedlings

Viruliferous vectors that had been bred on diseased cotton plants were placed in numbers of 10 or 20 per plant on young cotton seedlings. After pre-established intervals, the insects were wiped off the leaves of the seedlings by means of a cotton swab and the plants were immediately sprayed with a strong nicotine solution. The results of 4 tests are in table 7. One plant out of 72 was infected by insects that fed on it for 1 hour, but only after a 48-hour feeding period were the transmission results good.

Table 7

Results of tests to determine the feeding period required by viruliferous *Aphis gossypii* to infect healthy test plants

Test No.	Number of cotton seedlings infested and infected with viruliferous aphids thad fed on the test plants for the indicated period of time in hours				
	1	6	12	24	48
1	12/0	12/4	12/4	12/5	12/8
2	20/1	20/1	20/5	20/8	20/17
3	20/0	20/4	20/7	20/12	20/18
4	20/0	20/0	20/6	20/8	20/17
Total	72/1	72/9	72/22	72/33	72/60

10 aphids per plant were used in test 1; 20, in the others.

D. Comparative efficiency of yellow and dark types of *Aphis gossypii* as vectors of anthocyanosis

The melon or cotton aphid occurs in various color shades, ranging from yellow to about black. Insects of different colors may occur on the same leaves.

An attempt was made to compare the efficiency of the yellow and dark types of the vector in the transmission of cotton anthocyanosis. For these test, leaves on which dark and yellow types of the vector were present were selected from infected plants. The two types were segregated and placed separately on cotton seedling test plants. The results of 5 tests are in table 8. Although the differences in transmission obtained with the two types of insects were small, there was an indication that the dark type of aphid was somewhat more efficient as a vector than the yellow type.

Table 8

Results of tests comparing the relative efficiency of yellow and dark types of *Aphis gossypii* in the transmision of the cotton anthocyanosis virus

Test No.	Number of cotton seedlings infested and infected with the indicated type of vector			
	Yellow		Dark	
	infested	infected	infested	infected
1	20	11	20	18
2	20	1	20	2
3	13	7	15	11
4	20	0	20	1
5	20	6	20	6
Total	95	25	95	38

E. Transmission efficiency of vectors fed on young versus old leaves

Since the symptoms of cotton anthocyanosis are more conspicuous in the medium and lower leaves, it became of interest to determine whether or not virus was present in the young symptomless leaves.

Table 9

Results of tests comparing the infectivity of the aphid vector *Aphis gossypii*, when the insects were fed on the upper or on the lower leaves of the same infected plants

Test No.	Number of aphids per plant	Plants infected out of 20 infested with aphids that were fed on the indicated type of leaf	
		upper, symptomless leaves	Lower or medium leaves showing symptoms
1	25	6	1
2	25	14	9
3	25	15	12
4	50	14	11
5	50	12	10
6	50	13	7
7	50	18	10
Total		82	60

Diseased plants showing symptoms in the medium and lower leaves were infested with a high number of non-viruliferous vectors. After they had fed and bred for a while, insects from young leaves without symptoms and from medium and lower leaves showing typical reddening were removed and colonized separately on young cotton seedling test plants. The results

of 7 tests are in table 9. In all tests the aphids transferred from the young leaves gave a higher percentage of transmission than those that were obtained from the lower leaves.

F. Persistence of the cotton anthocyanosis virus in the aphid vector

A few preliminary tests were carried out to determine whether or not the cotton anthocyanosis virus was persistent in its insect vector. Insects that were bred on diseased plants were transferred at daily or shorter intervals on a series of healthy cotton seedlings. The results of five tests are in table 10. Although transmission was rather poor in these tests, the results indicated that the cotton anthocyanosis virus is of the persistent type in its insect vector.

In other experiments, viruliferous *Aphis gossypii* that were fed on immune bean plants *(Phaseolus vulgaris* L.) for 48 hours were still highly infective when transferred afterwards onto cotton seedlings.

Table 10

Results of tests in which viruliferous *Aphis gossypii* were transferred on a series of healthy cotton plants

Test No.	Number of test plants infested[a] and infected by viruliferous aphids that had fed previously on a series of healthy seedlings for the following period in hours:					
	3	24	48	72	96	120
1	16/5	16/3	16/4	16/3	—/—	—/—
2	20/0	20/2	20/1	20/0	20/0	20/2
3	20/0	20/2	20/3	20/4	20/0	20/1
4	20/1	20/0	20/0	20/0	20/1	20/1
5	20/11	20/16	20/12	20/10	20/8	20/11

[a] In all tests the inoculations were started with 20—25 insects per plant.

G. The anthocyanosis virus is recoverable from inoculated cotton plants before the symptoms become apparent

In one experiment the cotyledonary leaves of 10 cotton seedlings were infested with 25 viruliferous aphids per plant. Two days later the insects were killed with nicotine, and 5 days after inoculation, non-viruliferous aphids were placed to feed on the previously inoculated plants. After 5 days, the insects that were feeding on the young, non-inoculated foliage leaves were transferred onto new test plants. Virus was recovered from 9 out of 10 plants 10 days after inoculation. When recovery of the virus was attempted

15 and 20 days after inoculation, virus was recovered from all plants. It must be noticed that symptoms did not become noticeable in the plants from which virus was being recovered until 30 days after inoculation.

In another test, 5 plants were inoculated and attempts were made to recover virus from them at 5, 10 and 15 days after inoculation. No virus was recovered in the 5 and 10-day intervals after inoculation, but 2 out of 5 plants were already systemically invaded 15 days after inoculation, although the symptoms became apparent only much later.

IX. Control

Although reduction in yield caused by anthocyanosis does not seem very serious at present, the overall losses for the cotton industry in São Paulo are appreciable. Three lines of attack offer possibilities for the control of the disease: 1) the use of resistant or tolerant varieties; 2) destruction of overwintering host plants of the virus; and 3) control of the insect vector.

Since anthocyanosis is quite widespread in the state of São Paulo, control of the disease will most likely have to depend on the use of resistant or tolerant varieties. An extensive study of the resistance of cotton varieties to anthocyanosis has not been made yet, but it is known that some have shown tolerance. The problem of obtaining anthocyanosis-resistant or tolerant varieties is already being considered in the cotton breeding program of the Instituto Agronômico de Campinas.

Destruction of host plants that may carry the virus through the winter season appears to be rather difficult. Native species of *Sida* are quite common weeds in the state of São Paulo, and erradication of these in the land assigned for cotton and in its adjacent areas would hardly be practical. Plant sanitation regulations in São Paulo require that growers pull out and burn cotton plants after harvest. Most growers comply with the regulations, so that ratoon cotton is probably a lesser factor in carrying over the anthocyanosis virus.

The use of systemic insecticides and especially of those that can be applied to the seed is a promising line of investigation for the control of anthocyanosis by killing its insect vector. Control measures for the cotton aphid might not only reduce losses caused by the disease, but would also minimize the damage inflicted directly by large populations of the insect.

X. Discussion

In the early stages of the studies concerning cotton anthocyanosis, there were some doubts as to whether the disease was due to a virus or to a toxin injected by the cotton aphid during its feeding process. Results of trans-

mission tests, however, soon disclosed that the use of a large number of aphids to infect cotton seedlings improved transmission, but did not increase the severity of the disease as it would have been expected, were the symptoms caused by an insect toxin. Moreover, infection was obtained with small numbers of insects per plant, when they had been collected from diseased plants, but not with a higher number of them when reared on healthy ones. Also, the successive transmission of the disease by means of grafts increased the dilution of a possible toxin beyond a point at which it would still be expected to be effective.

As it was pointed out in a previous paper (2), many other factors may induce the appearance of abnormal red or purple pigments in the leaves of cotton plants in São Paulo. Thus, infestation by various species of mites, thrips, the cotton stem borer (*Eutinobothrus brasiliensis* [Hambl.]), sunburn, low magnesium or potassium, etc., induce the formation of various shades of red discoloration in cotton leaves. The most prevalent cause of purpling or reddening in cotton plantings in São Paulo appears to be anthocyanosis. In most cases the symptoms of this disease are distinguishable by the early mottled pattern of the purplish or reddish leaves.

The cotton anthocyanosis virus is probably carried through the winter season in overwintering *Malvaceae*, such as *Sida rhombifolia, S. micrantha*, and others, or in ratoon cotton. Introduction of the virus in the new cotton plantings must take place early in the season through the migration of virulferous winged vectors from the infected native *Malvaceae* or ratoon cotton onto the cotton seedlings.

The population of *Aphis gossypii* is cotton fields usually builds up to large numbers in late spring and early summer (November, December, and January) (1), when the cotton plants are still small. Winged insects bred on the early infected plants are probably responsible for most of the field spread in cotton plantings. Infection of native *Malvaceae* growing in the cotton fields or in adjascent areas may take place at this time or later in the season, when other cycles of infestation occur.

Results of infection tests with aphids fed on young leaves of cotton plants affected by anthocyanosis showed that virus is present in them although they do not show symptoms. There was also an indication that insects fed on the young leaves were slightly better vectors than comparable individuals fed on the older leaves that showed symptoms. This might mean that the young leaves have a higher virus concentration than older leaves, or that it is easier for the vector to acquire virus when feeding on the former. The results with anthocyanosis are different from those obtained in case of sugar beet yellows. Older leaves with symptoms of the disease had a higher concentration of sugar beet yellows virus than young, symptomless leaves (5). In case of sugar beet yellows there was a correlation in the determination of virus concentration by means of precipitin tests and by aphid transmission experiments (5).

It is of interest to point out that the symptoms of anthocyanosis are very similar to those shown by cotton plants with magnesium deficiency. Furthermore, the pathological processes occurring in anthocyanosis-infected plants actually induce deficiency of magnesium in their leaves. It is thus important to investigate the possibility that a virus disease similar to anthocyanosis might also be responsible for cases of magnesium deficiency described from other cotton growing areas of the world.

Several other virus diseases of plants induce the appearance of symptoms that resemble the deficiency of certain elements. Corn plants affected by stunt show red stripes in their leaves that are similar to the symptoms of phosphorus deficiency; citrus plants affected by tristeza show intensified zinc deficiency symptoms when compared with healthy plants. All these facts emphasize the need of investigating the pathological angle and principally a possible virus origin in cases of plant deficiencies. It also indicates that although leaf analysis may show a deficiency of a certain element in its content, it does not necessarily follow that it results from lack of the available element in the soil where the plant is growing.

XI. Summary

A new virus disease of cotton plants is described under the name of anthocyanosis. The disease is characterized by the appearance of abnormally large amounts of purplish or reddish pigments in the lower or medium leaves of affected plants. The symptoms of anthocyanosis are similar to those of magnesium deficiency and, actually, the virus infection results in a lowering of magnesium in the leaves of diseased cotton plants.

The insect vector of cotton anthocyanosis is the melon or cotton aphid, *Aphis gossypii* Glov. Other species of aphids that were tried did not transmit the disease.

Single, viruliferous vectors transmitted anthocyanosis in a few cases, but only with 10 or more insects per plant were the transmission results fairly satisfactory. The vector picked up virus after feeding on diseased cotton plants for six hours in one instance, but good results in transmission were obtained only with insects fed on the source of virus for 24 or 48 hours. Viruliferous aphids bred on diseased plants infected healthy test plants after feeding on them for one hour, but good transmission was given only by aphids that fed on the test plants for 12 hours or longer.

Dark types of *Aphis gossypii* were slightly more effective to transmit anthocyanosis than yellow types. Also, insects fed on young, symptomless leaves were slightly better vectors than insects fed on older leaves with symptoms. Preliminary experiments indicated that the cotton anthocyanosis virus is persistent in its insect vector.

The cotton anthocyanosis virus has been recovered from native *Malvaceae* in São Paulo, such as from *Sida rhombifolia* and *S. micrantha*. It is suggested that the virus is probably carried through the winter in these or similarly susceptible species, or in ratoon cotton.

Emphasis is placed on the fact that a great number of virus diseases induce symptoms similar to those caused by purely nutritional deficiencies. Thus, the results from leaf analysis that show low levels of certain elements may also be related to virus infection and not necessarily connected with lack of the available element in the soil.

Zusammenfassung

Als Anthocyanose wird eine neue Viruskrankheit der Baumwolle beschrieben. Die unteren Blätter kranker Pflanzen enthalten große Mengen purpurfarbener oder roter Farbstoffe, wie sie ähnlich auch bei Magnesiummangel auftreten. Es wurde festgestellt, daß befallene Blätter tatsächlich weniger Magnesium enthalten als gesunde.

Die Krankheit kann nur durch die gewöhnliche Baumwollblattlaus — *Aphis gossypii* Glov. — übertragen werden; andere Blattlausarten kommen als Vektoren nicht in Frage. Unter Versuchsbedingungen können Übertragungen durch einzelne Tiere gelegentlich festgestellt werden, gute Ergebnisse lassen sich aber nur erwarten, wenn mit zehn und mehr Läusen je Versuchspflanze gearbeitet wird. Die virusfreien Läuse benötigen normalerweise auf der Infektionsquelle eine Saugzeit von 24 bis 48 Stunden, bevor sie imstande sind, die Krankheit zu übertragen; nur in einem einzigen Falle genügten schon sechs Stunden. Läuse, welche auf kranken Pflanzen gezüchtet worden waren, konnten das Virus schon nach einer Stunde Saugzeit auf gesunde Pflanzen übertragen, meistens lassen sich aber gute Ergebnisse erst nach zwölf oder mehr Stunden auf den gesunden Pflanzen erwarten.

Schwarze Typen von *Aphis gossypii* waren als Vektoren etwas besser als gelbe Typen. Läuse, welche auf jungen Blättern der kranken Pflanze saugen konnten, übertrugen die Krankheit sicherer als solche, welche auf älteren Blättern mit manifestierten Virussymptomen gehalten wurden. Vorläufige Versuche zeigen auch, daß das Anthocyanosevirus in seinem Überträger während längerer Zeit lebend bleibt.

Das Virus vermag auch Unkräuter aus der Familie der Malvaceae (*Sida rhombifolia* und *Sida micrantha*) zu infizieren. Infektionsquellen sind demnach außer den überwinterten Baumwollpflanzen auch bestimmte Unkräuter.

Es wird betont, daß nicht nur im Falle der Anthocyanose, sondern auch bei anderen Virosen die Symptome von denen durch Mangel an einzelnen lebenswichtigen Ionen hervorgerufenen Krankheiten kaum unterscheidbar

sind. Es ist deshalb nicht richtig, in jedem Fall aus den Analysen Mangelsymptome aufweisender Blätter auf eine Mangelerscheinung des Bodens zu schließen, da auch eine Viruskrankheit vorliegen könnte.

Literature cited

1. Calcagnolo, G. e Sauer, H. F. G., 1954: A influência do ataque dos pulgões na produção do algodão (*Aphis gossypii* Glov. 1876, Hom. Aphididae). Arch. Inst. biol. (Def. agric. anim.) **21**, 116—120.
2. Costa, A. S. e Sauer, H. F. G., 1954: Vermelhão do algodoeiro. Bragantia **13**, 237—246.
3. Coury, T., Ranzani G., Malavolta, E. e Brasil Sobrinho, M. O. C., 1953: Estudos sôbre o "vermelhão" do algodoeiro (III). Annais Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba **10**, 83—94.
4. — —, Malavolta, E., Ranzani, G. e Brasil Sobrinho, M. O. C., 1954: Contribuição ao estudo do "vermelhão" do algodoeiro. Annais Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba **11**, 41—68.
5. Kleczkowski, A. and Watson, M. A., 1944: Serological studies on sugar-beet yellows virus. Ann. appl. Biol. **31**, 116—120.

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften in Quedlinburg

Vergleichende Untersuchungen über die Konidienkeimung von *Mycosphaerella pinodes* (Berk. et Blox.) Stone, *Ascochyta pisi* Lib. und *Ascochyta pinodella* Jones in Abhängigkeit von der Temperatur[1])

Von

Georg Sörgel

Mit 14 Abbildungen

Eine genaue Kenntnis all der Vorgänge, die sich bei der Sporenkeimung abspielen, ist bei den pflanzenparasitischen Pilzen für das Verständnis vom Zustandekommen einer Pflanzenkrankheit von großer Wichtigkeit. Dabei sind es einerseits Außenbedingungen, die darüber entscheiden, ob eine Spore so schnell keimt, daß eine Infektion haftet und ein stabiles Erreger-Wirts-Verhältnis zustande kommen kann, und andererseits sind es in der Spore selbst liegende „innere" Bedingungen, welche für den Ablauf der Keimung nicht minder wichtig sind. Um zu einer richtigen Deutung der in der freien Natur an der lebenden Pflanze wirksamen Faktoren kommen zu können, ist es erforderlich, zu versuchen, den gesamten Faktorenkomplex zu analysieren.

Wie sich bei Infektionsversuchen an Erbsen im Freiland mit den drei wichtigsten Erregern der Flecken- und Fußkrankheit *Mycosphaerella pinodes, Ascochyta pisi* und *Ascochyta pinodella* nachweisen ließ (Sörgel und Unger 1954), sind für die weitere Entwicklung der Krankheit nach dem Keimen und Eindringen der Spore im wesentlichen Temperatur und relative Feuchtigkeit bestimmend. Dabei konnte die Temperatur als primär wirkender Faktor erkannt werden. Über die Keimung selbst ließen sich nur durch Rückschluß einige Daten ermitteln. Eine Untersuchung über die Keimung der Sporen im Freiland kann aber erst dann zu brauchbaren Ergebnissen führen, wenn ihr Reaktionsvermögen bekannt ist. Es sollte deshalb zunächst in Reinkulturen untersucht werden, wie die Temperatur auf die Keimung der Sporen wirkt.

[1]) Quedlinburger Beiträge zur Züchtungsforschung Nr. 34.

Für die drei erwähnten Pilze, von denen je eine Herkunft untersucht wurde, erwies sich für die meisten Versuche ein 1%iger Kotyledonendekokt der Markerbsensorte Wunder von Kelvedon unter Zusatz von 1,2 % gewässertem Agar als Nährboden geeignet. Zur Gewinnung eines einheitlichen, vergleichbaren Konidienmaterials, dessen Notwendigkeit für Sporenkeimversuche von DORAN (1922) eingehend begründet wird, wurde folgendermaßen vorgegangen: Alle drei Pilze wurden in gleicher Weise bei einer konstanten Temperatur von 24° im dunklen Thermostaten auf einem 1%igen Samenschalendekokt der erwähnten Erbsensorte mit Hilfe der Filtrierpapiermethode (SÖRGEL 1951) angezogen. Nach einer Kulturzeit von 144 Stunden wurden die Konidien dem Tropfen einer reifen Pyknidie entnommen. Es wurden dabei nur solche Pyknidien ausgewählt, die sich im gleichen Entwicklungszustand befanden, d. h. gleich alt waren. Sie waren zudem in der gleichen Entfernung, vom Mittelpunkt der Kultur aus gerechnet, gebildet worden. Diese Pyknidien hatten nach 120 Stunden das Stadium der Vorreife erreicht (SÖRGEL 1953). Die Konidien wurden mit Hilfe einer feinen Öse in einen Tropfen von sterilem Leitungswasser auf den Nährboden übertragen. Durch Schräghalten der Petrischale ließen sich die Konidien mit dem herunterfließenden Wasser genügend gleichmäßig auf dem Nährboden verteilen. Zu den einzelnen Beobachtungszeiten — anfangs im Abstand von einer Stunde, später von drei oder vier Stunden — wurden je 1000 Konidien bei 680facher Vergrößerung kontrolliert. Dabei wurde die Zimmertemperatur grundsätzlich auf die betreffende Thermostatentemperatur eingestellt. Um die Beobachtungskulturen nicht zu stören, wurden von jeder Serie mehrere Parallelkulturen unter gleichen Bedingungen, lediglich um einen zeitlichen Abstand verschoben, angesetzt. Die Zeichnungen der Konidien und der einzelnen Keimstadien wurden mit dem Zeichenapparat bei Immersionsvergrößerung aus diesen Parallelkulturen hergestellt.

Die Konidien werden bei allen drei Pilzen in weitgehend übereinstimmender Weise in Pyknidien gebildet. Bei der Reife werden sie durch eine Öffnung in einen vorher ausgepreßten Flüssigkeitstropfen entlassen. Sie sind bei *Mycosphaerella* und *Ascochyta pisi* im typischen Fall zweizellig, bei *Ascochyta pinodella* aber einzellig. Bei den beiden erstgenannten Pilzen kommen daneben auch ein- und mehrzellige, bei der anderen Art auch zweizellige vor. Dabei ist (dies gilt selbstverständlich zunächst nur für die hier untersuchten Herkünfte!) bei *Mycosphaerella* der Anteil an dreizelligen etwas größer als der der ein- und vierzelligen. Bei *Ascochyta pisi* sind die einzelligen etwa doppelt so häufig wie bei *Mycosphaerella* (Tabelle 1). Ganz gelegentlich treten auch fünfzellige Konidien (in weniger als 0,01 %) auf.

Tabelle 1

Häufigkeitsverteilung der ein- und mehrzelligen Konidien

	einzellig	zweizellig	dreizellig	vierzellig
Mycosphaerella pinodes	2,43 %	91,35%	3,94 %	2,28 %
Ascochyta pisi	5,44 %	93,76 %	0,46 %	0,34 %
Ascochyta pinodella	95,17 %	4,83 %	—	—

Ergänzend sei bemerkt, daß die Konidien der drei Pilze sich auch in der Größe unterscheiden. *Mycosphaerella* hat die größten, *Ascochyta pinodella* die kleinsten Konidien. Die Konidien von *Ascochyta pisi* sind etwas kleiner als die von *Mycosphaerella*.

Charakteristisch für die zweizelligen Konidien ist die Tatsache, daß ihre beiden Zellen ungleich groß sind. Der Fläche nach berechnet ist die größere

Zelle sowohl bei *Mycosphaerella* als auch bei *Ascochyta pisi* im Mittel 1,17mal so groß wie die kleinere. Dieses Verhältnis der beiden Zellen zueinander bleibt auch während der Dauer der Keimung konstant, unbeschadet der sich sonst dabei abspielenden Veränderungen.

Das erste äußerlich sichtbare Zeichen für den Beginn der Keimung ist eine erhebliche Größenzunahme. Bei *Mycosphaerella* nimmt eine Konidie bei einer Temperatur von 24 ° C in den ersten beiden Stunden an Fläche im Mittel um 65,2 %, bei *Ascochyta pisi* in der gleichen Zeit um 36,2 % und bei *Ascochyta pinodella* um 34,7 % zu. Während der gesamten Beobachtungszeit — sie erstreckte sich in einigen Versuchen über 64 Stunden — nahmen die Konidien ununterbrochen an Größe zu. Dabei ändert sich lediglich das Ausmaß der Zunahme. Bei *Mycosphaerella* und *Ascochyta pisi* nimmt diese Zuwachsrate relativ schnell, bei *Ascochyta pinodella* langsam ab (Abb. 1).

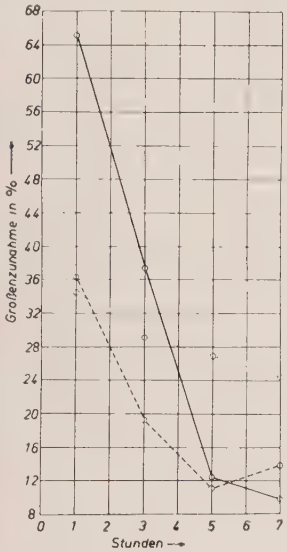


Abb. 1. Größenzunahme der Konidien während der Keimung bei *Mycosphaerella pinodes* (——), *Ascochyta pisi* (– – –) und *Ascochyta pinodella* (····) bei 24 ° C

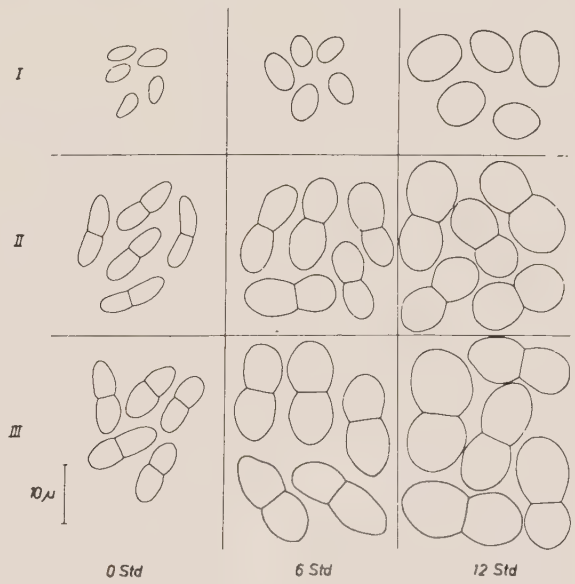


Abb. 2. Größenvergleich von ungekeimten und 6 bzw. 12 Stunden nach Versuchsbeginn (ohne Keimschläuche) gezeichneten Konidien von *Ascochyta pinodella* (I), *Ascochyta pisi* (II) und *Mycosphaerella pinodes* (III) bei 24 ° C

Infolge dieses unterschiedlichen Verhaltens haben innerhalb der ersten zwölf Stunden vom Beginn des Versuches an gerechnet die kleinsten Konidien (*Ascochyta pinodella*) am stärksten zugenommen; ihre Fläche ist 4,85mal so groß wie zu Anfang geworden. Die Konidien von *Mycosphaerella* erreichen das 3,43fache und die von *Ascochyta pisi* das 2,39fache des ursprünglichen Wertes für die Fläche.

Mit dieser Flächenvergrößerung geht eine auffällige Formveränderung einher. Die Konidien aller drei Pilze sind bei ihrer Reife deutlich länger als

breit. Im Laufe der Keimung geht aber die Ausdehnung in der Querrichtung wesentlich schneller vor sich (Abb. 2). Am ausgeprägtesten ist dies bei *Ascochyta pinodella* der Fall. Ungekeimte Konidien sind noch nicht halb so breit wie lang, nach zwölf Stunden aber 1,37mal so breit. Die Einzelzellen der zweizelligen Konidien verhalten sich ganz ähnlich (Tab. 2).

Tabelle 2

Verhältnis von Breite zu Länge bei Einzelzellen ungekeimter und gekeimter Konidien

		0 Std.	6 Std.	12 Std.
Mycosphaerella pinodes	größere Zelle	1,00 : 1,46	1,00 : 1,28	1,00 : 1,23
	kleinere Zelle	1,00 : 1,31	1,00 : 1,16	1,00 : 1,10
Ascochyta pisi	größere Zelle	1,00 : 1,91	1,00 : 1,34	1,00 : 1,19
	kleinere Zelle	1,00 : 1,72	1,00 : 1,24	1,00 : 1,14
Ascochyta pinodella		1,00 : 2,13	1,00 : 1,52	1,00 : 1,37

Unsere bisherigen Feststellungen haben also ergeben, daß die Keimung der Konidien mit einer anfangs schnell, dann langsamer verlaufenden, sich über einen langen Zeitraum erstreckenden Zellvergrößerung beginnt. Dabei nähern sich die Einzelzellen der Kugelgestalt.

Ein weiteres Zeichen für die Keimung, aber zeitlich nach der Zellvergrößerung einsetzend, ist die Bildung eines Keimschlauches. Dieser kann sich bei allen drei Pilzen übereinstimmend an einer beliebigen, nicht präformierten Stelle der Konidie bilden. Dies geschieht bei den Konidien von *Mycosphaerella* und *Ascochyta pisi* relativ schnell: bei 24 ° C haben schon nach zwei Stunden 94,17 % bzw. 85,86 % von ihnen einen Keimschlauch. Bei *Ascochyta pinodella* dagegen haben nach sieben Stunden erst 0,40 % einen Keimschlauch entwickelt. Ebenso unterschiedlich ist die Zeit, die vergeht, bis alle Konidien mit einem Keimschlauch versehen sind. Bei *Mycosphaerella* und *Ascochyta pisi* dauert es nur fünf Stunden, bei *Ascochyta pinodella* aber fünfzehn. (In unseren Versuchen keimten die Konidien stets hundertprozentig aus!)

Allgemein ist es üblich, entweder nur den Beginn der Keimung mit einem Keimschlauch oder den Zeitpunkt, an dem alle Sporen einen besitzen oder den Prozentsatz der Sporen, die nach einer willkürlich gewählten Zeit dieses Stadium erreicht haben, zu ermitteln. Gelegentlich werden auch zwei, seltener alle drei Werte festgestellt. Die Länge des Keimschlauches nach bestimmten Zeiten als Kriterium für die Keimung zu nehmen, scheint uns nicht zweckmäßig, da es sich hier in der Hauptsache um einen Wachstumsvorgang handelt. Wie differenziert aber eine Keimung verlaufen kann, und wie wenig die bisher ermittelten Werte eine Keimung zu charakterisieren vermögen, soll am Beispiel von *Mycosphaerella* gezeigt werden.

Zwei Stunden, nachdem die Konidien zum Keimen angesetzt worden waren, hatten 91,64 % einen Keimschlauch entwickelt (Abb. 3 a).

Außerdem aber waren einige Konidien vorhanden, bei denen auch die andere Zelle einen, wenngleich kleineren Keimschlauch besaß (Abb. 3 b). Nach einer weiteren Stunde hatte sich das Bild zugunsten dieses Keimstadiums verschoben: 55,71 % aller Konidien hatten an jeder Zelle je einen Keimschlauch! Dadurch war die Menge der Konidien mit nur einem Schlauch zurückgegangen. Zur gleichen Zeit war noch ein weiteres Stadium aufgetreten: bei 4,70 % waren an ein und derselben Zelle sogar zwei Keimschläuche vorhanden (Abb. 3 c). Daneben gab es einige Konidien (1,01 %), bei denen an der einen Zelle einer, an der anderen ebenfalls ein zweiter Schlauch gebildet worden war (Abb. 3 d). Nach vier Stunden Versuchszeit war dieses Stadium fast ebenso häufig in den Kulturen zu finden wie das Stadium mit nur einem Schlauch an jeder Zelle (34,88 % bzw. 35,92 %). In geringer Menge trat jetzt ein Stadium in Erscheinung (1,45 %), bei dem an jeder Zelle zwei Keimschläuche vorhanden waren (Abb. 3 e). Nach fünf Stunden, also zu der Zeit, als sämtliche Sporen gekeimt waren, hatten die meisten von ihnen zwei Schläuche an einer und einen Schlauch an der anderen Zelle. Die Gruppe mit zwei Schläuchen an jeder Zelle trat nun immer mehr hervor und war von sieben bis zehn Stunden zur beherrschenden geworden. Nach sieben Stunden waren ferner wieder zwei neue Stadien zu finden: einige Konidien (0,73 %) hatten an einer Zelle einen Keimschlauch, an der anderen aber drei (Abb. 3 f) und 1,45 % wies an einer Zelle zwei, an der anderen drei Schläuche auf (Abb. 3 g). Dieses Stadium mit fünf Schläuchen war nach elf Stunden Versuchszeit am häufigsten vertreten. Aber auch dieses wurde für den Zeitraum von zwölf bis vierzehn Stunden wieder durch ein anderes abgelöst: Drei Keimschläuche waren an jeder Zelle gebildet worden (Abb. 3 h). Damit war die Entwicklung jedoch keineswegs abgeschlossen. Vier, fünf und noch mehr Keimschläuche waren bei Versuchsende an jeder Zelle zu finden. Dabei hatten die zuerst gebildeten Keimschläuche die größte Länge, die folgenden waren in der Regel immer kürzer als der jeweils vorher entstandene.

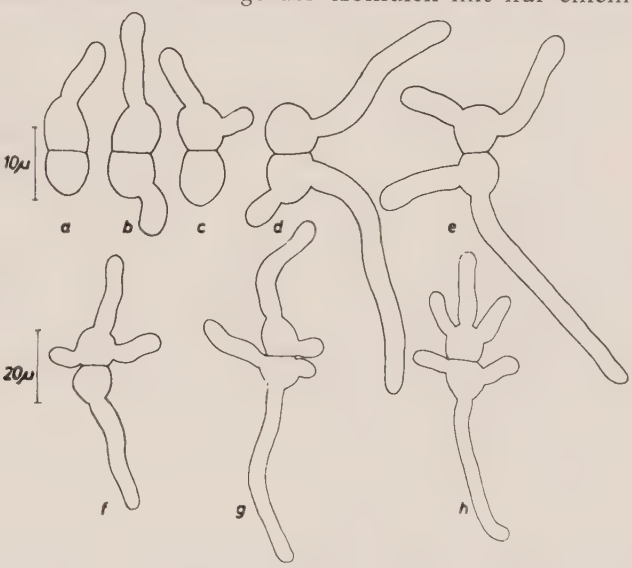


Abb. 3. Verschiedene aufeinanderfolgende Stadien von keimenden Konidien bei *Mycosphaerella pinodes*

Bemerkenswert an dieser Entwicklung ist, daß gewisse Stadien häufig, andere wieder ziemlich selten auftraten. So erreicht z. B. das Stadium mit zwei Keimschläuchen an einem und keinem Keimschlauch an der anderen Zelle nur eine Häufigkeit von 9,78 %; das Stadium mit nur drei Keimschläuchen an der ganzen Konidie kam nicht über 0,36 % hinaus, dasjenige mit einem Schlauch an einer Zelle und drei an der anderen nahm nicht weiter zu, als 4,60 % erreicht waren, usw. usw.

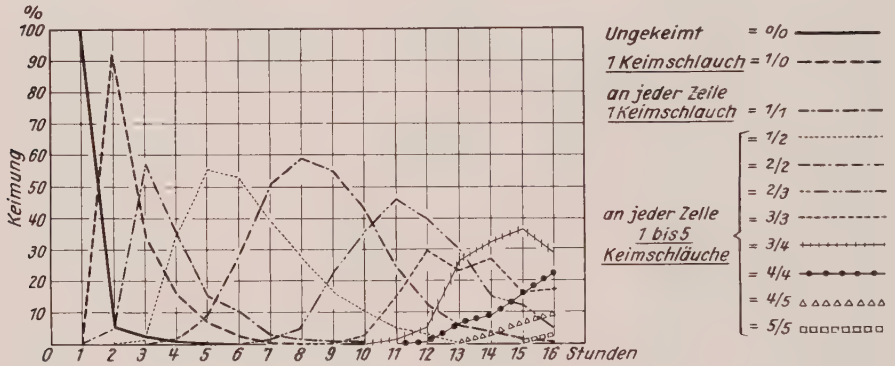


Abb. 4. Zeitliche Aufeinanderfolge und Häufigkeit von Keimstadien bei Konidien von *Mycosphaerella pinodes* bei 24° C

Die Abbildung 4 gibt eine Darstellung all derjenigen Keimstadien wieder, die bei einem 16 Stunden dauernden Versuch mit einstündigen Beobachtungsintervallen in einer Häufigkeit über 10 % auftraten[1]).

Vergleicht man, welche Stadien häufiger und welche weniger oft bis selten vorkommen, so zeigt sich, daß all diejenigen Stadien häufig auftreten, bei denen in regelmäßigem Wechsel einmal an der einen, dann an der anderen Zelle ein neuer Keimschlauch entsteht. Weniger häufig sind solche Stadien, bei denen im Hinblick auf die Gesamtkonidie eine ungleichmäßige Verteilung an den Einzelzellen entsteht. Diese Stadien bleiben samt und

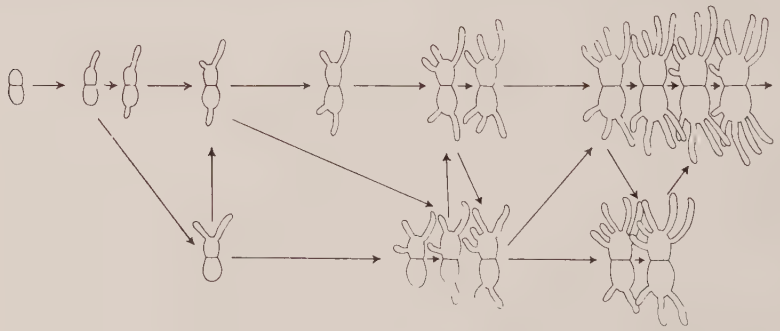


Abb. 5. Halbschematische Darstellung der Keimschlauchentwicklung der Konidien von *Mycosphaerella pinodes* bei 24° C. (Die Keimschläuche sind zu kurz dargestellt!)

[1]) Daß die beiden letzten Stadien in der Abbildung schließlich mit einer Häufigkeit von mehr als 10 % auftraten, wurde in anderen hier nicht erwähnten Versuchen festgestellt.

sonders unter der 10 %-Grenze. Nach relativ kurzer Zeit — das ist für diese Gruppe charakteristisch — kehren sie zur „Normalentwicklung" zurück. Der an einer Zelle noch fehlende Keimschlauch wird nachträglich, also verspätet ausgebildet. In Abbildung 5 sind in der obersten Reihe die normal aufeinanderfolgenden Stadien dargestellt. In der unteren Reihe befinden sich diejenigen Keimungsbilder, deren Häufigkeit (abgesehen vom ersten unregelmäßigem Stadium) höchstens 5 % erreicht. Die ganz seltenen Fälle, z. B. vier Keimschläuche an einer und keine an der anderen Zelle, sind nicht mit dargestellt. Sie erreichen auch kaum 1 %. Die Pfeile geben die beobachteten Entwicklungsrichtungen wieder, die verschiedenen Entfernungen bezeichnen den zeitlichen Abstand.

Die Entwicklung der Keimung bei den Konidien von *Ascochyta pisi* verläuft grundsätzlich genau so. Auch bei diesem Pilz entsteht abwechselnd an der einen, dann an der anderen Zelle der Spore ein neuer Keimschlauch. Gleichfalls treten einige Stadien mit größerer, andere, und zwar genau dieselben wie bei *Mycosphaerella* mit weniger großer Häufigkeit auf. Allerdings dauert es bei diesem Pilz länger, bis ein Stadium vom folgenden abgelöst wird. In Abbildung 6 ist die normale Entwicklung wiedergegeben.

Nicht vorauszusehen war, daß auch die Konidien von *Ascochyta pinodella*, obwohl sie einzellig sind, in ganz ähnlicher Weise mit mehreren Keimschläuchen keimen. Im allgemeinen treten die Keimschläuche an dem einen und dem anderen Ende der Konidie abwechselnd auf. Der Zwischenraum zwischen den einzelnen Stadien ist allerdings von wesentlich längerer Dauer als bei den beiden anderen Pilzen.

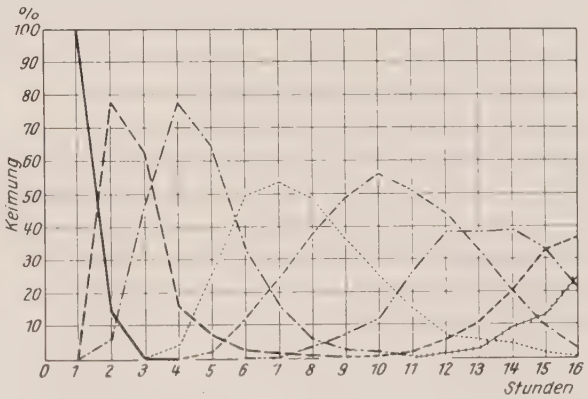


Abb. 6. Zeitliche Aufeinanderfolge und Häufigkeit von Keimstadien bei Konidien von *Ascochyta pisi* bei 24° C. Bezeichnungen wie in Abb. 4

Für später noch zu beschreibende Versuche war wichtig, die Frage zu beantworten, wie die Konidien mit mehr als zwei Zellen keimen. Grundsätzlich auch nicht anders. Bei der in Analogie zur Keimung der zweizelligen Konidien als normal zu bezeichnenden Entwicklung findet auch hier ein Wechsel zwischen den Zellen statt, an denen sich ein neuer Keimschlauch bildet. Dabei geht stets eine der Endzellen in der Bildung eines Schlauches voran. Erst dann, wenn beide Endzellen je einen besitzen, folgt die dritte mittlere Zelle, darauf die Zelle mit dem ältesten Keimschlauch, dann wieder die Zelle am anderen Ende usw. Neben den Formen dieses regelmäßigen Entwicklungsganges findet man auch hier weniger häufig auftretende Bildungen. Infolge der größeren Kombinationsmöglichkeit ist dabei auch eine

größere Mannigfaltigkeit zu erwarten. Die meisten der möglichen Stadien konnten, wenn auch z. T. sehr selten, beobachtet werden.

Nicht anders reagieren die vierzelligen Konidien, für die natürlich noch mehr Typen möglich sind. In der Regel werden die Keimschläuche gleichfalls abwechselnd an den Endzellen und darauf an den entsprechenden Mittelzellen gebildet.

Zusammenfassend läßt sich demnach sagen, daß bei *Mycosphaerella*, *Ascochyta pisi* und *Ascochyta pinodella* jede Zelle der Konidie in der Lage ist, mehrere, und zwar gleich viel Keimschläuche auszubilden. Dabei findet zwischen beiden Zellen ein regelmäßiger Wechsel bei der Bildung neuer Keimschläuche statt. Als Ausnahmen treten in geringen Prozentsätzen abweichende Bildungen auf, die jedoch in kurzer Zeit wieder „korrigiert" werden.

Die bisherigen Untersuchungen bezogen sich sämtlich auf eine Temperatur von 24 ° C. Eine allgemeine Aussage über die Wirkung anderer Temperaturen bekommt man, wenn man die Zeit bestimmt, bis zu der 50 % einer gegebenen Menge von Konidien (in unseren Versuchen 1000) gekeimt sind. Dieser so erhaltene Wert soll im folgenden „Halbwertszeit" genannt werden. Wie aus Abbildung 7 hervorgeht, liegt die optimale Temperatur für die Keimung der Konidien von *Mycosphaerella* und *Ascochyta pisi* bei 24 ° C, von *Ascochyta pinodella* etwas tiefer, bei 22 ° C. Ferner zeigt sich, daß *Mycosphaerella* bei allen Temperaturen etwas eher keimt als *Ascochyta pisi*. Gegenüber *Ascochyta pinodella* keimen sie aber immer noch schnell. Wichtig ist, daß die Keimung bei allen geprüften unteroptimalen Temperaturen weniger gestört, wenn auch langsamer als bei den überoptimalen verläuft. Zwar scheint die Entwicklung bei *Ascochyta pinodella* bis zu 32 ° C kaum gestört zu sein; bei den beiden anderen Pilzen nehmen die Halbwertszeiten aber rascher ab, als es nach den gestrichelt gezeichnet und theoretisch erwarteten Werten der Kurven der Fall sein sollte. Obwohl bei *Mycosphaerella* bei 36 ° C die Konidien noch keimten, wurde die Halbwertszeit bis zu 64 Stunden Beobachtungszeit nicht erreicht.

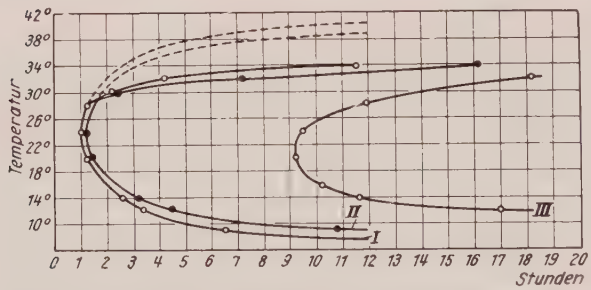


Abb. 7. Halbwertszeiten für die Konidienkeimung von *Mycosphaerella pinodes* (I), *Ascochyta pisi* (II) und *Ascochyta pinodella* (III)

Als nächstes sollte die Frage beantwortet werden, ob und wie sich nichtoptimale Temperaturen auf die Entwicklung der Keimschläuche bemerkbar machen. Bei 20 ° und 14 ° C findet, abgesehen davon, daß die einzelnen Stadien zeitlich weiter auseinanderliegen, die für 24 ° C festgestellte normale

Aufeinanderfolge statt. Auch treten ungefähr gleichzeitig die Stadien mit zwei Keimschläuchen entweder an einer Zelle oder an je einer Zelle auf. Bei 14 ° C erscheinen das zweite und dritte unregelmäßige Stadium (untere Reihe von Abb. 5) etwas verfrüht. Es darf auch nicht unerwähnt bleiben, daß das erste und dritte anormale Stadium mit einer Häufigkeit von 12,28 bzw. 11,29 % vorkommen. Noch mehr verlangsamt ist erwartungsgemäß die Keimung und das Erscheinen der einzelnen Stadien bei 9 ° C. Besonders bemerkenswert ist jedoch die Tatsache, daß das Stadium mit zwei Keimschläuchen an einer Zelle ebenso häufig geworden ist wie das mit einem Schlauch an jeder Zelle (beide rund 26 %). Auch die anderen unregelmäßigen Bildungen sind noch mehr als bei 14 ° C in ihrem Auftreten gefördert. Trotzdem findet in jedem Falle wieder eine Regulierung zur Normalform statt.

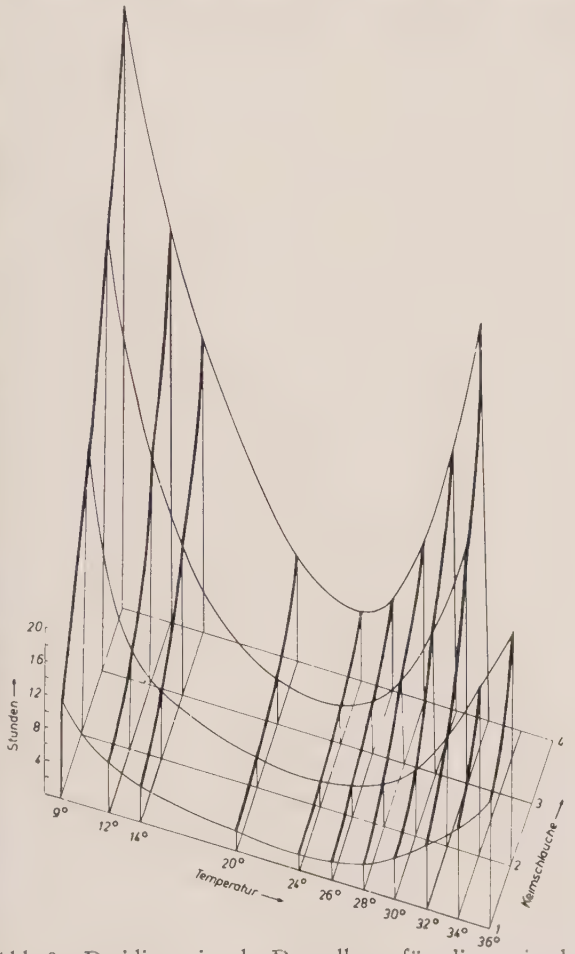


Abb. 8. Dreidimensionale Darstellung für die optimale Entwicklung der einzelnen regelmäßigen Keimstadien in Abhängigkeit von der Temperatur bei *Mycosphaerella pinodes*

Auffällig ist das Verhalten der dreizelligen Konidien. Bereits bei 14 ° C erreichen diejenigen Konidien, bei denen die mittlere Zelle zuerst auskeimt, eine Häufigkeit von 23,07 %. Das nächste regelmäßige Stadium mit einem Keimschlauch an jeder Zelle ist sogar weniger häufig als das entsprechende Stadium mit zwei Keimschläuchen an einer End- und einer Mittelzelle. So geht auch das folgende regelmäßige Stadium bevorzugt aus dieser unregelmäßigen Bildung hervor. Auch die weiteren unregelmäßigen Formen sind gegenüber den regelmäßigen stärker bevorzugt als bei den zweizelligen Konidien.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, daß die für die Wirkung nichtoptimaler Temperaturen auf die Konidienkeimung er-

mittelten Halbwertszeiten ein übersichtliches Bild geben können. Bei Temperaturen unter 10 ° C macht sich eine bei 14 ° C bereits beginnende schwache Störung in der Aufeinanderfolge der einzelnen Entwicklungsstadien verstärkt bemerkbar. Bei mehrzelligen Konidien beginnt diese anomale Entwicklung bereits bei weniger großen Abweichungen vom Temperaturoptimum.

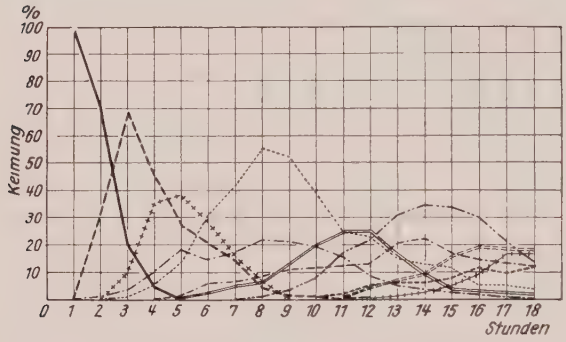


Abb. 9. Zeitliche Aufeinanderfolge und Häufigkeit verschiedener Keimstadien von *Mycosphaerella pinodes* bei 30 ° C. Bezeichnungen wie in Abb. 4, dazu zusätzlich 2/0 (+ + +), 1/3 (═══), 2/4 (= = =)

Auch überoptimale Temperaturen haben eine charakteristische Wirkung auf die Keimung. An Hand der Abbildung 8 seien zunächst die dabei beobachteten allgemeinen Gesetzmäßigkeiten für die Konidien von *Mycosphaerella* besprochen. Darin zeigen die Stundenwerte die Zeit an, nach welcher im optimalen Entwicklungsgang sich das betreffende Stadium im Optimum befindet. Daraus geht hervor, daß die zur Ausprägung des Einschlauchstadiums bei 24 ° C erforderliche Zeit nach höheren Temperaturen zu schneller ansteigt als zu niederen. Verstärkt wird diese Tendenz beim Zweischlauchstadium. Für das Dreischlauchstadium gar konnten innerhalb der 64 Beobachtungsstunden für 34 ° und 36 ° C keine optimalen Werte mehr erhalten werden. Schon bei 32 ° C nahm die Zeit bis zu ihrer optimalen Ausprägung 28 Stunden in Anspruch. Noch steiler wird der Anstieg für das nächste Keimstadium. Entsprechendes gilt für die nicht mit dargestellten Fünf- und Sechsschlauchstadien.

Die Keimungsentwicklung bei *Ascochyta pisi* weicht von dem eben geschilderten Verhalten nur wenig ab. Bei 36 ° C allerdings keimen die Konidien nicht mehr. Schon bei 34 ° C dauerte es bis zur optimalen Entwicklung des Einschlauchstadiums 16 Stunden (bei *Mycosphaerella* waren es 11).

Wie nach Abbildung 7 schon zu erwarten war, ist für die Konidien von *Ascochyta pinodella* der Zeitraum vom Beginn der Keimung bis zur optimalen Ausprägung der einzelnen Stadien erheblich länger. Andererseits aber erfolgt der Anstieg zu den höheren wie auch zu den niederen Temperaturen weniger schnell.

Bei 26 ° C ließ sich in der Ausbildung der Keimstadien gegenüber 24 ° C kein Unterschied feststellen. Selbst bei 28 ° C verläuft, wenn man von der noch geringen zeitlichen Verzögerung absieht, die Ausbildung durchaus normal. Anders bei 30 ° C. Ganz auffällig ist, daß bei dieser Temperatur die unregelmäßigen Stadien besonders stark hervortreten (Abb. 9). So keimen z. B. fast 40 % der Konidien mit zwei Keimschläuchen an ein und derselben Zelle.. Die bei den weniger hohen Temperaturen kaum in Erscheinung getretenen Stadien mit drei Schläuchen an einer Zelle

und einem Schlauch an der anderen, sowie das Stadium mit vier Schläuchen an einer und zwei an der anderen Zelle kommen mit mehr als 20 % vor. Die Unregelmäßigkeiten haben derart überhand genommen, daß der normale Entwicklungsweg kaum noch beschritten wird. Es wird zwar immer wieder versucht, in die normale Bahn zu gelangen, doch wird die Weiterentwicklung meist fast vollkommen unterbunden. Es kommen hier nicht selten bisher nicht aufgetretene Stadien vor, wie u. a. fünf Schläuche an einer und kein Schlauch an der anderen Zelle.

Bei *Ascochyta pisi* bestehen ganz entsprechende Störungen, mit dem Unterschied allerdings, daß sie alle mit etwas geringerer Häufigkeit auftreten. Dabei wird der normale Entwicklungsgang noch nicht aufgegeben. Das ist bei diesem Pilz erst bei 32 ° C der Fall.

Bei der Betrachtung unteroptimaler Temperaturen auf die Entwicklung der einzelnen Keimschritte bei dreizelligen Konidien hatten wir gesehen, daß offenbar schon geringere Abweichungen vom Optimum als bei den zweizelligen Konidien genügen, Unregelmäßigkeiten hervorzubringen. Diese Eigentümlichkeit macht sich bei höheren Temperaturen verstärkt bemerkbar. In Abbildung 10 ist das Verhalten dreizelliger Konidien von *Mycosphaerella* für 26 ° C, 28 ° und 30 ° C für die ersten beiden Keimstadien mit einem Schlauch bzw. zwei Schläuchen gegenübergestellt. Bei 26 ° C verläuft die Entwicklung auch hier noch ohne jede erkennbare Störung. Dagegen bewirkt bereits eine Temperatur von 28 ° C, die in dieser Beziehung auf die zweizelligen Konidien noch ohne Einfluß war, erhebliche Abweichungen. So ist die Häufigkeit, mit der die Keimung an der Mittelzelle beginnt, bei 28 ° C auf 25 % gestiegen, und bei 30 ° C bleibt sie auf Kosten des Normalstadiums für den Zeitraum von zwei bis vier Stunden auf über 20 %, während sie bei 28 ° C viel schneller wieder geringer wird. Noch deutlicher wird das Bild für den zweiten Keimschlauch. Bei 28 ° C tritt dieser am häufigsten an der Mittelzelle auf, bei 30 ° C aber an der gleichen Zelle, an der der erste

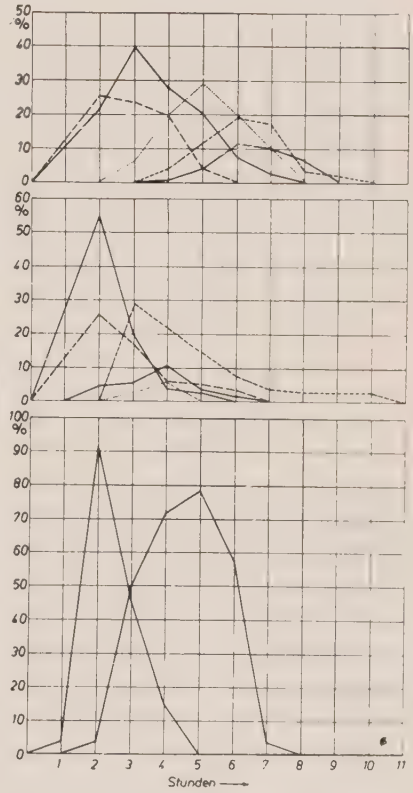


Abb. 10. Gegenüberstellung der Entwicklung des Ein- und Zweischlauchstadiums für dreizellige Konidien von *Mycosphaerella pinodes* bei 26 ° (unten), 28 ° (Mitte) und 30 ° C (oben). Normalentwicklung 1/0/0 und 1/0/1 (———), 0/1/0 (— —), 1/1/0 (– – –) und 2/0/0 (· · · · ·)

gebildet wurde. Solche Bildungen ziehen natürlich weitere unregelmäßige Formen nach sich. Die normale Ausbildung ist derartigen Bildern weitgehend gewichen.

Bei noch höheren Temperaturen tritt zusätzlich ein weiterer Vorgang auf. Es sei hier nur ein Versuch mit Konidien von *Ascochyta pinodella* besprochen. Nach 36 Stunden waren 74,57 % Konidien gekeimt. Das Optimum des Zweischlauchstadiums war gerade überschritten und das folgende Stadium mit einer Häufigkeit von 15,80 % vertreten, als einige der zuerst gebildeten Keimschläuche ihr Wachstum einstellten und zugrunde gingen. Zwar bildeten sich sowohl an ungekeimten als auch an bereits gekeimten Konidien noch weiter neue Keimschläuche aus, doch nahmen die absterbenden immer mehr an Zahl zu, so daß nach 62 Stunden, als der Versuch abgebrochen wurde, mehr als die Hälfte aller Keimschläuche tot war. Ferner gingen von 54 Stunden an sogar bisher äußerlich intakt aussehende Konidien zugrunde, so daß bei Versuchsende insgesamt nur 85,07 % der beobachteten Konidien gekeimt waren. Daraus ergibt sich, daß der Tod, der bei Temperaturen über dem Maximum sehr schnell eintritt, auch bei nicht so extremen Temperaturen bei längerer Einwirkung doch erfolgt (Tab. 3).

Tabelle 3

Neubildung und Absterben von Keimschläuchen bei Konidien von *Ascochyta pinodella* bei 34° C

	Beobachtungszeit in Stunden						
	38	42	46	50	54	58	62
Gesamtkeimung ..... in %	77,05	79,03	80,71	85,07	85,07	85,07	85,07
Abgestorbene Keimschläuche in %	0,66	2,22	8,03	17,31	40,77	50,08	56,33

Die Wirkung höherer Temperaturen auf die Keimung der Konidien läßt sich kurz folgendermaßen zusammenfassen: Abgesehen von einer sehr schnellen Keimverzögerung wird der regelmäßige Entwicklungsgang zweizelliger Konidien ab 30°C zunächst gestört und fast vollkommen unterdrückt, bis bei noch höheren Temperaturen nach erfolgter Keimung der Tod einzelner Keimschläuche und schließlich ganzer Konidien eintritt. Bei dreizelligen Konidien treten die gleichen Erscheinungen bei weniger extremen Temperaturen auf.

Wie bereits zu Anfang unserer Ausführungen gezeigt wurde, vergrößern sich die Konidien während der Keimung beträchtlich. Die Frage, ob diese Größenzunahme mit der Entwicklung der Keimschläuche in irgendeinem Zusammenhang steht, soll im folgenden beantwortet werden. Aus Abbildung 11 geht hervor, daß bei 24° C gerade dann, wenn die Zuwachsrate am geringsten geworden ist, der erste Keimschlauch zu erscheinen beginnt. Bei

32 ° C ist der Zuwachs zwischen acht und zehn Stunden am geringsten. Der zu dieser Zeit erwartete Keimschlauch erscheint jedoch nicht. Statt dessen beginnt die Größenzunahme, d. h. eine erneute Aufnahme von Stoffen, wieder anzusteigen, und erst dann, wenn die Zuwachsrate abermals sehr weit abgesunken ist, kann der erste Keimschlauch gebildet werden.

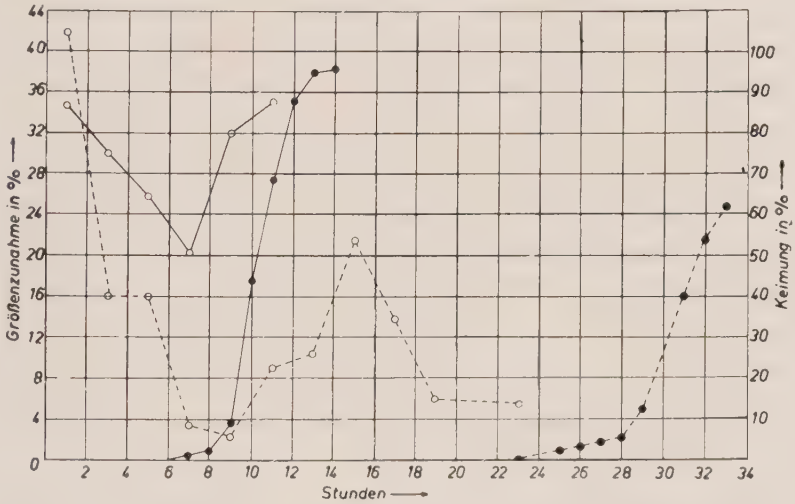


Abb. 11. Zellvergrößerung (○ — ○) und Keimschlauchentwicklung (● — ●) bei *Ascochyta pinodella* für 24 ° (——) und 32 ° C (– – –)

Etwas komplizierter scheinen die Verhältnisse bei *Mycosphaerella* und *Ascochyta pisi* zu liegen. Setzt man jedoch in Rechnung, daß die Stoffaufnahme beide Zellen gleichzeitig betrifft, so muß man bei dieser Betrachtung das Erscheinen des Zweischlauchstadiums dem des Einschlauchstadiums von *Ascochyta pinodella* gleichsetzen. Entsprechendes gilt auch für die weiteren Stadien. Wie aus Abbildung 12 unten hervorgeht, erscheinen sowohl nach fünf als auch nach vierzehn Stunden die erwarteten Stadien; dazwischen, also noch während der Stoffaufnahme, werden jedoch noch einmal Keimschläuche gebildet. Bei einer Temperatur von 32 ° C (Abb. 12 oben) verhält sich *Ascochyta pisi* ganz ähnlich wie *Ascochyta pinodella*: Die erste Stoffaufnahme bleibt für die Bildung der Keimschläuche vollkommen wirkungslos. Erst bei erneutem Ansteigen bildet die Konidie ihre beiden Keimschläuche. Die Verhältnisse bei 30 ° C gleichen dagegen denen von 24 ° C noch sehr. Auch die Konidien von *Mycosphaerella* reagieren in dieser Art.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich, daß Keimschlauchentwicklung und Stoffaufnahme offenbar zwei Vorgänge sind, die aber bei optimalen Temperaturen in charakteristischer Weise zueinander in Beziehung stehen. Bei den einzelligen Konidien von *Ascochyta pinodella* beginnt die Bildung eines Keimschlauches zu dem Zeitpunkt, an dem die Stoffaufnahme die niedrigste Zuwachsrate aufweist. Bei den zweizelligen Konidien (*Mycosphaerella* und *Ascochyta pisi*) hängt die Keimschlauchentwicklung von den-

selben Voraussetzungen ab, mit dem Unterschied, daß die ersten Keimschläuche bereits gebildet werden, wenn die Zuwachsrate noch nicht den tiefsten Wert erreicht hat. Bei höheren Temperaturen ist die Keimschlauchbildung demgegenüber verspätet. Erst nach erneuter Stoffaufnahme und abermaligem Erreichen eines tiefen Wertes für den Zuwachs können Keimschläuche gebildet werden.

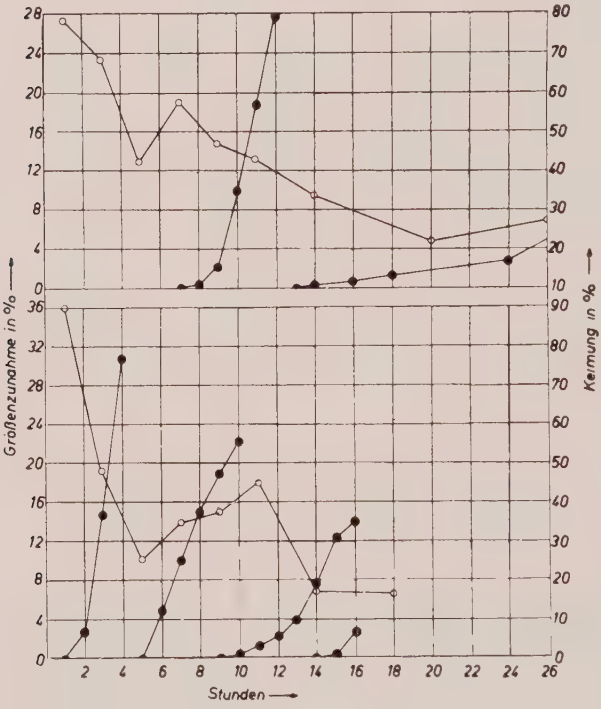


Abb. 12. Zellvergrößerung (○ — ○) und Keimschlauchentwicklung (● — ●) bei *Ascochyta pisi* (unten für 24 °, oben für 32 ° C)

Aus dem eben geschilderten Verhalten könnte gefolgert werden, daß die Konidien bei Einwirkung unter- und überoptimaler Temperaturen auch auf andere Außenbedingungen leichter reagieren. Daß dies tatsächlich der Fall ist, konnte an einem Beispiel gezeigt werden. Bei den Untersuchungen über die Ursachen der Resistenz einer Erbsensorte mit buntschaligen Samen (Zuckererbse Graue Buntblühende) gegenüber unseren drei Pilzen war gefunden worden, daß in der Samenschale ein fungistatisch wirkender Stoff vorhanden sein muß (SÖRGEL 1952). Dieser Stoff konnte dann auch von SCHNEIDER (1952) isoliert und beschrieben werden. Um den Temperatureinfluß auf die Wirksamkeit dieser Substanz zu prüfen, wurden die Konidien der drei Pilze auf einem 2%igen Samenschalendekokt der Grauen Buntblühenden zum Keimen angesetzt und die Wirkung mit dem Verhalten auf einem entsprechenden Nährboden der anfälligen Sorte Wunder von Kelvedon verglichen. Es sei hier nur der Versuch mit *Ascochyta pinodella* besprochen. Auf beiden Nährböden beginnt bei 24 ° C die Keimung fast zur gleichen Zeit; auch in der Zeit, nach welcher 100 % gekeimt sind, besteht nur ein geringer Unterschied. Die Weiterentwicklung auf dem Nährboden mit Grauer Buntblühender ist aber gegenüber dem Nährboden mit Wunder von Kelvedon erheblich verzögert. In der nämlichen Zeit, in der auf Wunder von Kelvedon fünf Keimschläuche entstanden sind, haben sich auf dem phytonzidhaltigen Nährboden nur drei Schläuche entwickeln können. Hinzu kommt, daß ihre optimalen Entwicklungszeiten verspätet sind (Abb. 13).

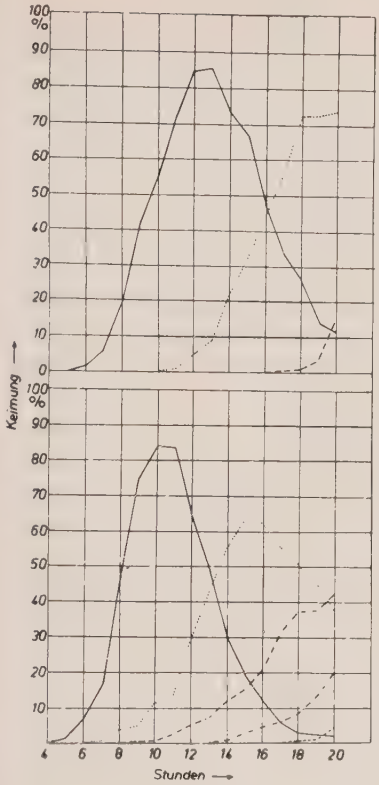


Abb. 13. Aufeinanderfolge von Keimstadien der Konidien von *Ascochyta pinodella* bei 24° C auf einem Nährboden mit Samenschalen von Wunder von Kelvedon (unten) und Grauer Buntblühender (oben). Ein Keimschlauch (——), zwei Keimschläuche (·····), drei Keimschläuche (— — —), vier Keimschläuche (·—·—) und fünf Keimschläuche (- - -)

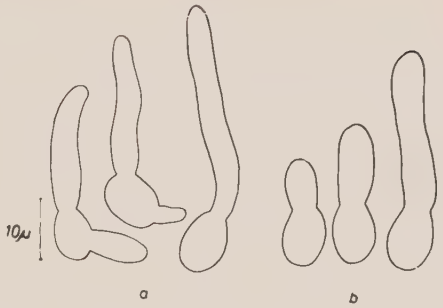


Abb. 14. Keimstadien der Konidien von *Ascochyta pinodella* von gleichem Alter auf Wunder von Kelvedon (a) und Grauer Buntblühender (b) bei 24° C

Auffällig sind aber noch zwei weitere Unterschiede, die im übrigen ebenso für die Konidien von *Mycosphaerella* und *Ascochyta pisi* zutreffen. Aus der Gegenüberstellung gleichalter keimender Konidien in Abbildung 14 geht hervor, daß die Keimschläuche auf einem Nährboden, welcher Samenschalen von Grauer Buntblühender enthält, von Anfang an erheblich breiter sind und die ersten beiden stets polar entstehen.

Die gleichen Versuche bei einer Temperatur von 14° C ergaben, daß die Unterschiede im Verhalten auf den beiden Nährböden wesentlich verstärkt werden. In der Tabelle 4 sind die optimalen Zeiten für das Auftreten des Ein- und Zweischlauchstadiums aller drei Pilze bei dieser Temperatur miteinander verglichen.

Damit ist festgestellt, daß bei Einwirkung unteroptimaler Temperaturen die Wirkung des fungistatischen Stoffes aus der Samenschale der Erbsensorte Graue Buntblühende verstärkt wird.

Tabelle 4

Vergleich des optimalen Auftretens des Ein- und Zweischlauchstadiums bei 14° C

	Mycosphaerella pinodes		*Ascochyta pisi*		*Ascochyta pinodella*	
Zahl der Keimschläuche	1	2	1	2	1	2
Wunder von Kelvedon i. Std.	12	16	12	28	22	36
Graue Buntblühende i. Std.	20	36	22	46	36	56

Nach den in der Literatur vorliegenden Angaben wird die Sporenkeimung verschieden gemessen. Entweder dient die Zeit, die auf einem geeigneten Nährboden bis zum Einsetzen der Keimung oder bis zur erfolgten Keimung aller Sporen vergeht, als Maßstab. Oft wird auch der Prozentsatz der Sporen bestimmt, die nach einer gewissen, oft willkürlich gewählten Zeit gekeimt sind. Schließlich wird die Länge der Keimschläuche nach bestimmten Zeiten verglichen. Da alle Methoden gewisse Mängel haben, werden oft mehrere Verfahren gleichzeitig verwendet. Aus dieser Erkenntnis heraus wird von HAWKER (1950) vorgeschlagen, stets mittlere Keimschlauchlänge und Keimprozente festzustellen. Bei unseren Pilzen ergab aber allein die Ermittlung der Halbwertszeit brauchbare und vergleichbare Werte. Vereinfacht wurde dadurch auch die Bestimmung der Optimaltemperatur für die Keimung. Vergleicht man unsere Werte mit dem von DORAN (1922) für die *Fungi imperfecti* mit 23,1 ^{0} C als Mittel berechneten Wert, so erhalten wir eine gute Übereinstimmung. Allerdings sind die in der Literatur zu findenden Angaben über Optimaltemperaturen für die Keimung nicht zahlreich. Es sind zwar zusammenfassende Listen mit den Kardinalpunkten aufgestellt worden, jedoch erstreckt sich der Wert für die Optimaltemperaturen dabei oft über mehrere Grade. Aus allen bekannt gewordenen Werten schon Gesetzmäßigkeiten ablesen zu wollen, erscheint noch verfrüht.

Für einige Pilze liegen auch Angaben darüber vor, wie bei unter- bzw. überoptimalen Temperaturen die Zeiten für die Keimung verlängert werden. So dauert bei *Didymellina iridis* nach TISDALE (1920) die Keimung bei der Optimaltemperatur 20—26 ^{0} C (!) $2^1/_2$ Stunden, bei 4 ^{0} C 21 und bei 30 ^{0} C elf Stunden. Nach ANDERSON (1918) brauchen die Konidien von *Cylindrocladium scoparium* bei 25 ^{0} C 2—3 Stunden zur Keimung, bei 12 ^{0} C fünf Stunden und bei 8 ^{0} C 24 Stunden. Ähnliches Verhalten haben wir auch bei unseren Pilzen gefunden.

Über die eigentlichen Vorgänge bei der Keimung ist bisher nichts Sicheres bekannt, doch wird von HAWKER (1950) vermutet, daß die Keimung aus mindestens zwei Phasen besteht, und zwar einer physikalischen, in der Wasser aufgenommen wird, und einer chemischen, bei der die Enzymtätigkeit eine besondere Rolle spielt. Diese Vermutung über das Bestehen mehrerer Phasen konnte in unseren Versuchen nicht nur bestätigt, sondern es konnte sogar nachgewiesen werden, daß zwischen der Stoffaufnahme und der Keimschlauchbildung ein enger Zusammenhang besteht. Dies allein sind bereits zwei Vorgänge, die bei oder in der Nähe der Optimaltemperatur parallel vor sich gehen, bei höheren Temperaturen jedoch getrennt voneinander verlaufen.

Von einigen Pilzsporen, z. B. von *Ascochyta sodalis* (CUNNELL 1956), ist bekannt, daß ein und dieselbe Zelle bei der Keimung mehr als einen Keimschlauch bilden kann. Dieser Tatsache ist allerdings bisher keine besondere Beachtung geschenkt worden. Nach unseren Feststellungen kommt aber dieser Eigentümlichkeit bei der Beurteilung der Vorgänge während der Keimung eine erhebliche Bedeutung zu.

Das Optimum der Sporenkeimung liegt nach unseren Versuchen bei 24 °C für *Mycosphaerella* und *Ascochyta pisi*, bei 22 °C für *Ascochyta pinodella*. Bei höheren bzw. tieferen Temperaturen wird die Zeit für den Beginn der Keimung verlängert. Hinzu kommt, daß die Konidien, je stärker die Temperatur vom Optimum abweicht, in ihrer Normalentwicklung immer mehr gestört werden. Bei den dreizelligen und noch mehr bei den vierzelligen tritt diese Störung bereits bei geringeren Abweichungen vom Optimum auf.

Das Phytonzid in den Samenschalen der Grauen Buntblühenden bewirkt, daß bei der für die Keimung optimalen Temperatur von 24 °C bzw. 22 °C die Keimschläuche verzögert und anomal ausgebildet werden. Entscheidend ist nun, daß bei sinkender Temperatur die Hemmung größer und die durch die niedrigen Temperaturen hervorgerufene anomale Keimschlauchentwicklung durch das Phytonzid noch bedeutend verstärkt wird. In Züchterkreisen ist es üblich, Infektionsversuche an Erbsen bei etwa 12 °C durchzuführen. Neuerdings ist auch von Baumann (1953) für die Durchführung solcher Versuche eine Temperatur von 12—15 °C angegeben worden. Aus dem oben Gesagten geht aber klar hervor, daß mit derartigen Infektionsversuchen nicht die normale Resistenz festgestellt werden kann. Darin liegt zweifellos mit ein Grund für die Tatsache, daß häufig resistente, im Infektionsversuch selektierte Pflanzen bei weiterem Anbau nicht immer resistent sind. Die Ergebnisse sind eine erneute Bestätigung für die Notwendigkeit resistenzphysiologischer Untersuchungen für eine systematische Selektion in der Züchtung krankheitswiderstandsfähiger Kulturpflanzen.

Zusammenfassung

Die Versuche über den Einfluß der Temperatur auf die Keimung der Konidien von *Mycosphaerella pinodes*, *Ascochyta pisi* und *Ascochyta pinodella* haben ergeben:

1. Das Temperaturoptimum für *Mycosphaerella pinodes* und *Ascochyta pisi* liegt bei 24 °C, für *Ascochyta pinodella* bei 22 °C.
2. Jede Einzelzelle der Konidien ist befähigt, mehrere, und zwar gleichviel Keimschläuche zu bilden.
3. Die Keimschläuche entstehen bei optimalen Temperaturen abwechselnd an dem einen, dann am anderen Ende der Konidien, gleichgültig, ob sie ein- oder zweizellig sind. Bei dieser Normalentwicklung treten in geringer Menge abweichende Bildungen auf.
4. Überoptimale Temperaturen wirken schneller auf die Keimung der Konidien verzögernd ein als unteroptimale Temperaturen.
5. Ab 14 °C und tiefer und ab 30 °C und höher machen sich Störungen in der Keimschlauchentwicklung bemerkbar.
6. Die Störungen treten bei drei- und vierzelligen Konidien bereits bei weniger starken Abweichungen von der Optimaltemperatur auf.

7. Die Keimung besteht aus mehreren Einzelvorgängen.
8. Stoffaufnahme und Keimschlauchentwicklung sind in charakteristischer Weise miteinander verbunden: bei den einzelligen Konidien erscheinen die ersten Keimschläuche, sobald die Zuwachsrate einen niedrigen Wert erreicht hat, bei den zweizelligen außerdem schon vorher.
9. Bei überoptimalen Temperaturen ab 30 °C bilden sich die Keimschläuche erst nach wiederholter Stoffaufnahme.
10. Bei tiefen Temperaturen ist die Wirkung des fungistatischen Stoffes aus der Samenschale buntsamiger Erbsensorten verstärkt.

Literaturverzeichnis

Anderson, P. J., 1918: Rose canker and its control. Mass. agr. exp. sta. Bull. **183**, 11—46.

Baumann, G., 1953: Untersuchungen zur Biologie von *Mycosphaerella pinodes* (Berk. et Blox.) Stone. Kühn-Archiv **67**, 305—383.

Cunnell, G. J., 1956: Some pycnidial fungi on Carex. Trans. Brit. mycol. Soc. **39**, 21—47.

Doran, W. L., 1922: Effect of external and internal factors on the germination of fungous spores. Bull. Torrey Bot. Club **49**, 313—340.

Hawker, L. E., 1950: Physiology of fungi. University of London Press, 360 S.

Schneider, A., 1952: Über das Vorkommen gerbstoffartiger Kondensationsprodukte von Anthozyanidinen in den Samenschalen von *Pisum arvense*. Naturwissenschaften **39**, 452—453.

Sörgel, G., 1951: Über eine neue Kulturmethode für Mikroorganismen. Züchter **21**, 322—324.

— —, 1952: Über die Ursachen der unterschiedlichen Resistenz verschiedener Erbsensorten gegenüber den Fußkrankheitserregern *Ascochyta pisi* Lib. *Ascochyta pinodella* Jones und *Mycosphaerella pinodes* (Berk. et Blox.) Stone. I. Vergleichende Untersuchungen der Pilze auf einer stark und einer schwach anfälligen Sorte. Züchter **22**, 4—26.

— —, 1953: Über den Entwicklungsgang von *Mycosphaerella pinodes* (Berk. et Blox.) Stone. I. Die Bildung der Fortpflanzungsorgane in „normalen" Kulturen. Arch. Mikrobiologie **19**, 247—261.

— —, und Unger, K., 1954: Über den Befallsverlauf von *Mycosphaerella pinodes* (Berk. et Blox.) Stone, *Ascochyta pinodella* Jones und *Ascochyta pisi* Lib. an Erbsen am natürlichen Standort. Züchter **24**, 56—68.

Tisdale, W. B., 1920: Iris leaf spot caused by *Didymellina iridis*. Phytopathology **10**, 148—163.

Aus dem Phytopathologischen Institut der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
und der Biologischen Zentralanstalt der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin,
Institut für Phytopathologie Aschersleben
Direktor: Prof. Dr. M. Klinkowski

Beiträge zur Kenntnis der Viruskrankheiten an Unkräutern

I. Das *Malva*-Virus

Von

Alice Hein

Mit 8 Abbildungen

Inhalt: Einleitung und Fragestellung — Material und Methodik — I. Das *Malva*-Virus — 1. Das Krankheitsbild der Ausgangspflanzen — 2. Wirtspflanzenkreis — 3. Virusstämme — 4. Möglichkeiten der Übertragung a) Pfropfung b) Mechanische Übertragung c) Übertragung mit Hilfe von *Cuscuta campestris* Yunck. d) Insektenübertragung e) Samenübertragung f) Bodenübertragung — 5. Eigenschaften des Virus a) Thermale Inaktivierung b) Grenzwert der Verdünnung c) Lebensbeständigkeit in vitro d) Inaktivierung des Virus bei Trocknung der infizierten Pflanze — 6. Prämunität — 7. Systematische Zugehörigkeit des Virus — 8. Zusammenfassung — 9. Literaturverzeichnis.

Einleitung und Fragestellung

Als Unkräuter gelten nach Roemer und Scheffer (1949) Pflanzen, welche entgegen der Absicht oder ohne Zutun des Betriebsleiters auf dem Felde stehen. Diese Definition ist auf rein landwirtschaftlich-ackerbauliche Belange zugeschnitten. Für die Epidemiologie pflanzlicher Virosen werden jedoch Unkräuter vor allem dann bedeutungsvoll sein, wenn ihr Standort nicht das Feld selbst ist, da sie dort in der Regel dauernder Bekämpfung unterliegen, sondern wenn sie in Feldnähe wachsen. Der Begriff Unkraut soll in diesem Zusammenhang deshalb auch auf Ruderalpflanzen, auf Pflanzen an Feldrändern und Wegen ausgedehnt sein, auf Pflanzen also, deren Standort nicht unbedingt das Feld selbst zu sein braucht, und die man nach obiger Definition im allgemeinen nicht als Unkräuter ansieht.

Die Bedeutung der Unkräuter für die Ausbreitung von Viruskrankheiten liegt in ihrer Funktion als Infektionsreservoire und damit als „Brückenwirte". Sie können dem Virus den Anschluß an die nächste Vegetationsperiode sichern, wenn sie winterannuell, zweijährig oder ausdauernd sind. Sind sie einjährig, dann vermögen sie der Verbreitung eines Virus von einem Feld zum anderen, von einer Gegend zur anderen innerhalb der Vegetationsperiode Vorschub zu leisten. Einen Überblick über die hier in Frage stehenden Probleme gibt eine im Jahre 1953 veröffentlichte Zusammenstellung (HEIN).

Für eine größere Zahl von Viren sind in der Literatur Angaben zu finden, nach denen Unkräuter für ihre Ausbreitung bedeutsam sein können und ihre Bekämpfung allein schon ein wesentliches Absinken der Infektionshäufigkeit zur Folge hat (DOOLITTLE und WALKER, 1924, 1925; WELLMAN, 1937; LINN, 1940; KASSANIS, 1944; TOWNSEND, 1947; SIMONS, 1955). Bei dem größten Teil der übrigen in der Literatur angeführten Untersuchungen ging man von einem von Kulturpflanzen isolierten Virus aus und schloß von experimentellen Übertragungen auf die Möglichkeit der Freilandinfektion. Nur zu einem kleinen Teil erkannte man aus Freilandbeobachtungen den Zusammenhang zwischen Erkrankungen an Kulturpflanzen und ihnen benachbart stehenden Unkräutern.

Beobachtungen dieser Art wären in hiesiger Gegend durch die geringen Entfernungen von Dorf zu Dorf, der Dichte also von Vektor- und Virus-Überwinterungsmöglichkeiten, durch die relativ geringen Feldgrößen, die starke Streuung der einzelnen Fruchtarten in einer Dorflage und der sehr intensiven Durchseuchung mit einer Vielzahl von Viruskrankheiten an den verschiedensten Pflanzenarten kaum durchzuführen. Sie wären eines Erfolges nur dann einigermaßen sicher, wenn die durch ein Virus hervorgerufenen spezifischen Symptome an einer Unkrautart bekannt wären. Da das für den größten Teil der in der Literatur angegebenen Unkrautwirte nicht der Fall ist, und die Symptome auch je nach den Klima-, Boden- und sonstigen Wuchsbedingungen stark wechseln können, wurden die vorliegenden Untersuchungen durchgeführt. Sie zeigten auf, daß die durch experimentelle Infektion hervorgerufenen Symptome an verschiedenen Pflanzen durch einzelne Viren häufig nicht übereinstimmen mit denen infizierter Freilandpflanzen. Es wurde deshalb besonderes Gewicht auf die Beschreibung der Symptomausprägung gelegt, da ihre Kenntnis die schnellste Diagnose ermöglicht.

Aus der Fülle der sich aus den Beziehungen Virus—Unkraut—Vektor—Kulturpflanze ergebenden Probleme wurde also für die vorliegenden Untersuchungen das Unkraut selbst als Objekt der Bearbeitung gewählt. Eine Vielzahl von Unkräutern hatte bei eingehenderen Beobachtungen im mitteldeutschen Raum Krankheitserscheinungen gezeigt, die auf eine Virusinfektion hindeuteten. Nur in vereinzelten Fällen konnte die Virose an Hand des Symptombildes diagnostiziert werden. Um die Mitwirkung der Unkräuter bei der in den letzten Jahren verstärkten Ausbreitung einer Vielzahl von Viruskrankheiten beurteilen zu können, erschien es zunächst notwendig fest-

zustellen, wie weit sie unter mitteldeutschen Verhältnissen virusinfiziert sein können und um welche Viren es sich dabei handelt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden von einer Reihe von Unkräutern verschiedene Viren isoliert, deren Identifizierung in drei Teilveröffentlichungen beschrieben werden soll. Die Darstellung der angewandten Methodik bezieht sich auf alle Teile der Arbeit.

Material und Methodik

Die Untersuchungen wurden durchgeführt in den Jahren 1952 bis 1955. Sie wurden begonnen im Phytopathologischen Institut der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, und ab 1953 an der Biologischen Zentralanstalt der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Institut für Phytopathologie Aschersleben, fortgesetzt. 1952 wurden 80, 1953 rund 40 Unkräuter verschiedenster systematischer Zugehörigkeit gesammelt, in den Institutsgarten umgepflanzt und ihre weitere Entwicklung beobachtet. Die Sammlung und Auswahl der Ausgangspflanzen erfolgte zufällig und richtete sich in der Hauptsache nach dem Grad ihres Abweichens vom Normalen. Von 17 dieser Pflanzen wurden 1952, von 22 im Jahre 1953 Übertragungsversuche auf eine Anzahl von Testpflanzen vorgenommen.

Das Testsortiment setzte sich im allgemeinen wie folgt zusammen:

Nicotiana tabacum L., Sorte Samsun,
Nicotiana glutinosa L.,
Lycopersicum esculentum Mill., Sorte Bonner Beste,
Datura stramonium L.,
Spinacia oleracea L., Sorte Matador,
Phaseolus vulgaris L., Sorte Saxa,
Cucumis sativus L., Sorte Delikateß,
Helianthus annuus L., Sorte Ostsonne.

Es war bald enger gefaßt, bald weiter und nach Möglichkeit wurde ihm die Pflanzenart hinzugefügt, von der die Isolierung vorgenommen wurde. Im allgemeinen erfolgte die Übertragung auf die Testpflanzen durch mechanische Abreibung, doch wurden auch die Methoden der Insekten- und Seideübertragung und der Pfropfung in die Versuche einbezogen.

Abgerieben wurden — je nach Alter und Größe der verwendeten Testpflanzen — zwei bis drei Blätter mit Hilfe eines an der Unterseite aufgerauhten Glasspatels, wie ihn Samuel (1931) beschrieben hat. Wegen der größeren Empfindlichkeit der Pflanzen in den lichtarmen Monaten kam Karborund (Rawlins und Tompkins, 1936) zumeist nur während des Frühjahrs und Sommers zur Anwendung.

Für die mechanische Übertragung wurde im allgemeinen die zur Preßsaftbereitung vorgesehene Blattmasse unter n/100 Na_2SO_3-Lösung in einem etwa einer Verdünnung 1 : 1 entsprechenden Verhältnis zerrieben. Bei der Feststellung der physikalischen Eigenschaften erfolgte die Verdünnung nicht mit aqua dest., wie in der Literatur zumeist angegeben, sondern, um zu starke

pH-Verschiebungen zu vermeiden, mit Leitungswasser (pH 7,2 bis 7,5). Um ein zu rasches Kollabieren der verletzten Epidermiszellen zu verhindern, wurden den abgeriebenen Blättern feuchte Filtrierpapierblättchen für 12 bis 24 Stunden aufgelegt. Bei hohen Sommertemperaturen wurden die Pflanzen aus den gleichen Gründen nach der Inokulation für 12 bis 24 Stunden in einen kühlen Raum gebracht.

Abb. 1. Perfolkäfig nach RÜPPOLD zur Übertragung von Blattläusen

Insektenübertragungen wurden im Labor in der üblichen Weise mit Hilfe eines feinen Pinsels vorgenommen. Bei kurzen Saugzeiten verwendete ich mit Vorteil kleine Übertragungskäfige aus Perfol (RÜPPOLD, 1954) (Abb. 1). Besonders bei Übertragungen mit mehr als drei Läusen konnten die Saugzeiten mit größerer Sicherheit eingehalten werden, da die Aphiden durch den Käfig auf einen kleinen Blattbezirk beschränkt blieben. Zur Abtötung der Läuse nach Abschluß der Versuche wurden die Pflanzen abgeräuchert und dann ins Gewächshaus umgestellt. Für die Insektenübertragungen wurden von 1953 an Zuchten nachstehender Aphidenarten unterhalten:

Aphiden[1])	Nährpflanze
Myzus ascalonicus Donc.	*Rumex obtusifolius* L.
Myzus persicae Sulz.	*Brassica oleracea* L.
Neomyzus circumflexus Buckt.	*Rumex obtusifolius* L.
Macrosiphon solanifolii Ashm.	*Datura stramonium* L.
	Solanum nigrum L.
Coloradoa rufomaculata Wilson	*Chrysanthemum indicum* L.

Bezüglich der Vektorenbezeichung folgte ich HEINZE (1951).

Für die Seideübertragungen kam *Cuscuta campestris* Yunck.[2]) zur Verwendung. Die Seide wurde kultiviert auf *Nicotiana glauca* Grah. Die Pfropfungen erfolgten fast ausnahmslos als Keilpfropfung.

In den Jahren 1952 und 1953 stand mir ein gegen Läusezuflug geschütztes Gewächshaus nicht zur Verfügung. Erst im Herbst 1954 konnte der Teil der Pflanzen, auf dem die einzelnen Isolierungen kultiviert wurden, läusesicher untergebracht werden. Die Untersuchungen selbst liefen zum Teil in insektensicheren Gewächshäusern, zum anderen in einer relativ offenen Vegetationshalle. Um eine unkontrollierte Übertragung durch zufliegende

[1]) Für die Überlassung der Tiere zum Aufbau der Zuchten und ihre Bestimmung bin ich Herrn Dr. HEINZE, Berlin-Dahlem, und Herrn H. SCHMIDT, Aschersleben, zu Dank verpflichtet.

[2]) Die Samen stellte mir freundlicherweise Herr Dr. K. SCHMELZER, Aschersleben, zur Verfügung.

Läuse zu vermeiden, wurde wöchentlich — im Winter einmal, im Sommer zweimal — geräuchert („Exodal"-Räucherstreifen des VEB Schering, Berlin-Adlershof, bzw. „Fliegetten" des VEB Fahlberg-List, Magdeburg).

Die Anzucht der Versuchspflanzen erfolgte in mit Formalin desinfizierter und mit Sand vermischter Komposterde (Verhältnis 1 : 3) in 8-cm-Töpfen.

Die Geräte wurden sterilisiert durch Erhitzen im Trockenschrank auf 180 ° C/1 Std. Die Reinigung der Hände erfolgte durch gründliches Waschen mit Kernseife oder mit nachstehender Seifenaufkochung:

20 g geschnitzelte Kern- oder Toiletteseife werden mit 5 g Na_3PO_4 und 100 ccm Wasser unter Rühren zum Aufkochen und Lösen gebracht, darauf die allmählich sich eindickende Masse bis zur völligen Abkühlung gerührt bzw. geschlagen.

Die Samen zur Anzucht der Testpflanzen wurden, soweit es sich um *Nicotiana*-Arten handelte, dem Samenvorrat des Institutes in Aschersleben entnommen. Das übrige Saatgut bezog ich zum Teil aus den Botanischen Gärten Halle und Berlin. Der größte Teil der Unkrautsamen wurde selbst gesammelt. Schwer keimende Unkrautsamen wurden entweder durch Stratifizieren mit Schwefelsäure (z. B. *Mercurialis annua*) oder durch Einstellen der Aussaatschalen in Kühlzellen bei Minustemperaturen über eine Woche (z. B. Malvaceen) zu stärkerem und gleichmäßigerem Auflaufen gebracht.

Die in den einzelnen Testen zur Anwendung gekommenen Methoden und gelegentliche Abweichungen von den hier angegebenen werden in den betreffenden Abschnitten behandelt.

I. DAS *MALVA*-VIRUS

Im Jahre 1952 war mir im Zuchtgarten des Saatzuchthauptgutes Salzmünde bei Halle eine *Malva silvestris* L. aufgefallen, die starke hellgrüne bis gelbliche Adernaufhellungen zeigte. Die jüngeren Blätter waren etwas verkleinert und die Interkostalfelder relativ stark aufgebeult. Die Pflanze wurde ausgegraben und weiter im Gewächshaus gehalten. In den folgenden Jahren fanden sich in verschiedenen Gegenden Mitteldeutschlands in gleicher Weise erkrankte Malven (Aschersleben, Bad Suderode [Nordharz], Umgebung von Halle [Saale], Kreis Nauen [Brandenburg]). Es handelte sich hierbei immer um *Malva neglecta* Wallr., die ein sehr verbreitetes Unkraut ist und die besonders in der Nähe von Ortschaften, an Wegrändern, in Straßengräben, auf den Dorfangern usw. anzutreffen ist. Es scheint eine in Mitteldeutschland allgemein verbreitete Erkrankung an Malven zu sein. Bei Durchsicht der Literatur fand sich nur bei Ryshkow (1946) eine diesen Erscheinungen ähnliche Beschreibung für *Malva borealis* Wallm. Dieser Autor beobachtete die gleichen Symptome im Kaukasus, in der Ukraine und in Moskau. Blattný (1948) fand auch in der Umgebung von Saaz ähnliche Erscheinungen an *Malva neglecta*.

Die Beschreibung von Ryshkow beschränkt sich auf die Symptome und die Übertragungsarten (mechanisch und durch *Myzus persicae* Sulz.). Er

nannte das Virus *Malva*-Virus 1. Die in den vorliegenden Untersuchungen durchgeführten Teste waren darauf abgestellt, eine vollständige Charakterisierung des Virus nach den für die Virologie üblichen Gesichtspunkten zu ermöglichen. Nach ihren Ergebnissen ist das in Mitteldeutschland isolierte Virus mit dem von RYSHKOW beschriebenen identisch.

1. Das Krankheitsbild der Ausgangspflanzen

Malva neglecta Wallr. (Isolierung 36):

An einer Stelle gehäuften Auftretens von *Malva neglecta,* an einem Weg im Randgebiet von Aschersleben, wurden im Mai 1953 zwei infizierte Pflanzen gefunden. An voll ausgewachsenen Blättern traten kleine oder größere helle Flecke auf. An den jüngeren Blättern war eine Adernaufhellung deutlich zu erkennen. Sie bildete in einigen Fällen ein gleichmäßiges, zusammenhängendes Netz. An den älteren Blättern waren die Aufhellungen etwas diffus verlaufend, an den jüngeren scharf gegen die normal gefärbten Gewebe abgegrenzt.

Abb. 2. *Malva silvestris* L. (Freilandpflanze, ins Gewächshaus umgesetzt). Ausgangspflanze der *silvestris*-Isolierung; photographiert: 5. 7. 1953

Die ersten Versuche zur Isolierung dieses Virus, bei denen *Althaea rosea* Cav. var. *nigra* als Testpflanze verwendet wurde, verliefen negativ. Die Isolierung gelang Anfang September 1953 mit *Malva neglecta* als Testpflanze. Es erwies sich auch in den weiteren Prüfungen, daß *Althaea rosea* eine der wenigen Malvaceen ist, die mit dem Virus nicht infiziert werden kann. Bei mechanischer Übertragung auf *Malva neglecta* erschienen nach zwölf Tagen die gleichen Symptome wie an den Ausgangspflanzen.

Malva silvestris L. (Isolierung 38):

Die Blätter der Ausgangspflanze wiesen Blattaufhellungen, aber auch Vergilbungen auf, die sich vornehmlich an den Blattadern entlang zogen und von ihnen aus auch größere Teile der Interkostalfelder einnehmen konnten. Diese Vergilbungen waren scharf vom normalen Gewebe abgesetzt. Die jüngeren Blätter waren kleiner als normal, ihre Interkostalfelder deutlich aufgebeult. Diese letzteren Erscheinungen sind, wie spätere Symptombeobachtungen an *Malva silvestris* und anderen Malvenarten ergaben, nicht durch dieses Virus verursacht. Sie konnten durch Abreibung nicht auf Malven der gleichen Artzugehörigkeit übertragen werden.

Die Vergilbungen erschienen am Neuaustrieb im Gewächshaus nicht mehr

an allen Blättern, nur die jüngsten wiesen wenige und unterschiedlich große, leuchtend gelbe Partien auf (Abb. 2). Ein Versuch zur Isolierung des Virus wurde unternommen auf *Althaea rosea* var. *nigra.* Trotz mehrmonatiger Beobachtung konnten Symptome an den inokulierten Pflanzen nicht wahrgenommen werden. Der Versuch gelang erst, als *Malva neglecta,* nach den Erfahrungen mit der Isolierung 36, als Testpflanze verwendet wurde.

Die Symptome auf *Malva neglecta* setzten sich nicht aus gleichmäßigen, hellgrünen Aufhellungen zusammen wie bei der Isolierung 36, sondern es waren hier drei Farbabstufungen an den jüngeren Blättern vorhanden. Neben

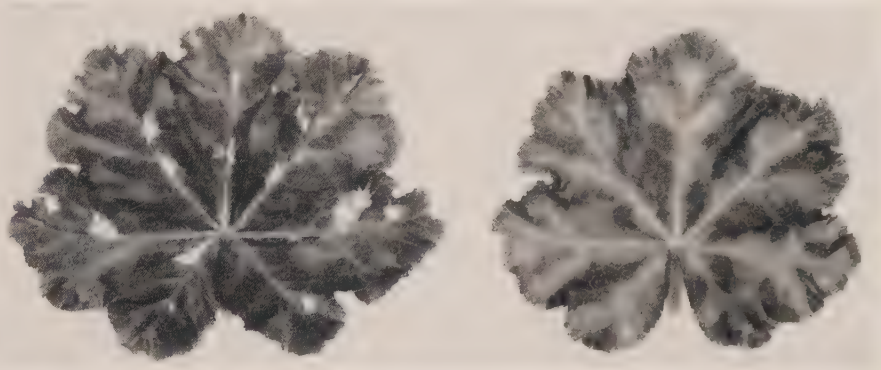


Abb. 3. *Malva crispa* L. Links: *silvestris*-Isolierung (Mischinfektion), rechts: *neglecta*-Isolierung (Grünstamm); infiziert: 13. 7. 1954, photographiert: 11. 8. 1954

dem normalen Grün der Blätter trat eine intensiv gelbe Fleckung auf, die sich zu einem zusammenhängenden gelben Netz entwickelte. Dies aber wurde an Teilen der Blätter überlappt von einer hellgrünen, sich auch beiderseits der Adern entlangziehenden Aufhellung (Abb. 3). Die Farbtönung der hellgrünen Flächen glich der durch die Isolierung 36 hervorgerufenen. Die gelben Bänderungen entlang der Adern waren ungleich leuchtender in der Farbwirkung und setzten sich gegen die hellgrünen und normalgrünen Gewebeteile scharf ab. Es mußte sich demnach bei dieser Isolierung um eine Mischinfektion handeln.

Damit war für beide Ausgangspflanzen ein Virus als Ursache der chlorotischen Verfärbungen nachgewiesen.

2. Wirtspflanzenkreis

Um über die Eigenschaften eines Virus Klarheit zu bekommen und um einen eventuell günstiger reagierenden Wirt für die Feststellung der physikalischen Eigenschaften zu finden, war es zweckmäßig, die Untersuchung über den Wirtspflanzenkreis den übrigen voranzustellen.

Wie schon die ersten Versuche im September 1952 und 1953 gezeigt hatten, ließen sich beide Isolierungen nicht auf Tabakarten übertragen. Verschiedene Inokulationen hatten ihre weitgehende Übereinstimmung im Verhalten ergeben, so daß für das Austesten des Wirtspflanzenkreises zunächst nur die Isolierung 36 (Grünstamm) verwendet wurde. Die Übertragung er-

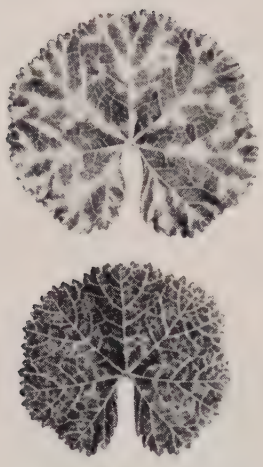


Abb. 4. *Malva neglecta* Wallr. Isolierung 38 (Gelbstamm); infiziert: 24. 9. 1953 photographiert: 27. 10. 1953

folgte durch Abreibung. Jeweils sieben Pflanzen einer Art wurden inokuliert, drei Pflanzen als Kontrollen nur mit Na_2SO_3-Lösung abgerieben. Die inokulierten Pflanzen wurden über eine Zeitdauer von zwei Monaten beobachtet. An keiner der Arten zeigten sich irgendwelche Symptome. Rückübertragungen auf *Malva neglecta* verliefen ergebnislos und bewiesen, daß sich auch kein latenter Träger des Virus unter den Testpflanzen befand (Tab. 1). Es wurden deshalb die übrigen Teste auf die Familie der Malvaceen beschränkt.

Jede der Arten wurde nach Möglichkeit mit beiden Isolierungen zweimal zu verschiedenen Terminen abgerieben. Die Rückübertragung auf *Malva neglecta* erfolgte nur in den Fällen, in denen an den Testpflanzen Symptome nicht zu beobachten waren (Tab. 2).

Die an den verschiedenen Arten hervorgerufenen Symptome waren bei nahezu allen dieselben (Abb. 8), so daß ihre Beschreibung auf einige Wirtspflanzen beschränkt werden kann.

Malva neglecta Wallr.:

Auf den abgeriebenen Blättern werden Symptome nicht ausgebildet, die ersten Anzeichen einer Infektion sind an den jüngsten Blättchen sichtbar. Sie weisen kleine, zunächst etwas diffuse, bald aber klar abgegrenzte strichelartige Aufhellungen längs der Adern auf. Diese Symptome erscheinen je nach Jahreszeit nach 9 bis 16 Tagen. Vier bis fünf Tage später fließen die kurzen, aufgehellten Strichel mehr und mehr zusammen und bilden dann, ungefähr 18 bis 20 Tage nach der Inokulation, ein gleichmäßig aufgehelltes Netz, das den Adern folgt (Abb. 4). Das gleiche Symptombild beschreibt RYSHKOW (1946) für *Malva borealis* Wallm.

Tabelle 1

Untersuchungen zum Wirtspflanzenkreis des *Malva* Virus 1 Ryshkow
Nichtwirte außerhalb der Familie der Malvaceen; Isolierung 36 (Grünstamm)

Chenopodiaceae
- *Beta maritima* L.
- *Salsola kali* L.

Amarantaceae
- *Amarantus retroflexus* L.

Caryophyllaceae
- *Stellaria media* (L.) Vill.
- *Melandrium noctiflorum* (L.) Fries

Ranunculaceae
- *Delphinium ajacis* L.

Plumbaginaceae
- *Armeria vulgaris* Willd.

Resedaceae
- *Astrocarpus sesamoides* (L.) Duby var. *sativus*

Labiatae
- *Lamium purpureum* L.

Solanaceae
- *Datura stramonium* L.
- *Nicotiana tabacum* L., Sorte Samsun
- *Nicotiana glutinosa* L.
- *Schizanthus pinnatus* Ruiz et Pavon

Dipsacaceae
- *Scabiosa columbaria* L.

Cucurbitaceae
- *Cucumis sativus* L., Sorte Delikatess

Compositae
- *Callistephus chinensis* (L.) Nees, Sorte Waldersee Mischung

Etwa fünf Wochen nach der Inokulation sind an den nachtreibenden Blättern keine Symptome mehr sichtbar. Diese Beobachtung konnte bei allen bisher durchgeführten Testen gemacht werden. Auch auf den älteren Blättern, die ganz ausgeprägte Zeichnungen aufwiesen, verschwindet die Aufhellung mehr und mehr. Manchmal ist noch eine der Hauptadern in einem Teil breit und allmählich diffus werdend hell gefärbt, wobei diese Aufhellungen häufig von einem etwas dunkler als normalgrünen Band umzogen werden.

Tabelle 2

Untersuchungen zum Wirtspflanzenkreis des *Malva* Virus 1 Ryshkow

Malvaceae

Testpflanze	Infektionen[1]) Isolierung		Inkubationszeit ∅ in Tagen	Beobachtungsdauer ∅ in Tagen
	36	38		
Abutilon theophrastii Medik.	0/7[2])	3/10	12	50
Lavatera arborea L.	6/6	6/6	11	74
Althaea rosea Cav. var. *nigra*	0/20	0/20	—	48
Althaea officinalis L.	3/13	5/13	10	51
Malva crispa L.	16/17	20/20	11	48
Malva verticillata L.	18/20	18/20	8	19
Malva alcea L.	1/10	5/10	12	46
Malva moschata L.	—[2])	4/18	11	46
Malva silvestris L.	7/20	7/25	12	59
Malva neglecta Wallr.	15/33	5/10	10	44
Anoda cristata Schlechtend.	4/15	4/15	12	39
Hibiscus trionum L.	—[2])	4/15	11	59
Gossypium spec. L.	0/12	0/12	—	70

[1]) Der Nenner bezeichnet die Zahl der inokulierten, der Zähler die der infizierten Testpflanzen.

[2]) Im Freiland auch mit Grünstamm infiziert.

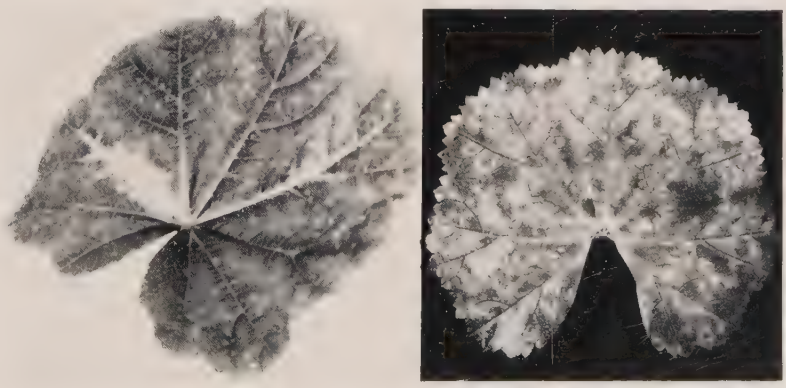


Abb. 5 Alterssymptome. Links: *Malva silvestris* L. (Gelbstamm), Adernaufhellung und Einzelflecke; infiziert: 19. 3. 1954, photographiert: 30. 4. 1954. Rechts: *Malva neglecta* Wallr. (Grünstamm), Ringflecke; infiziert: 26. 10. 1954, photographiert: 4. 1. 1955

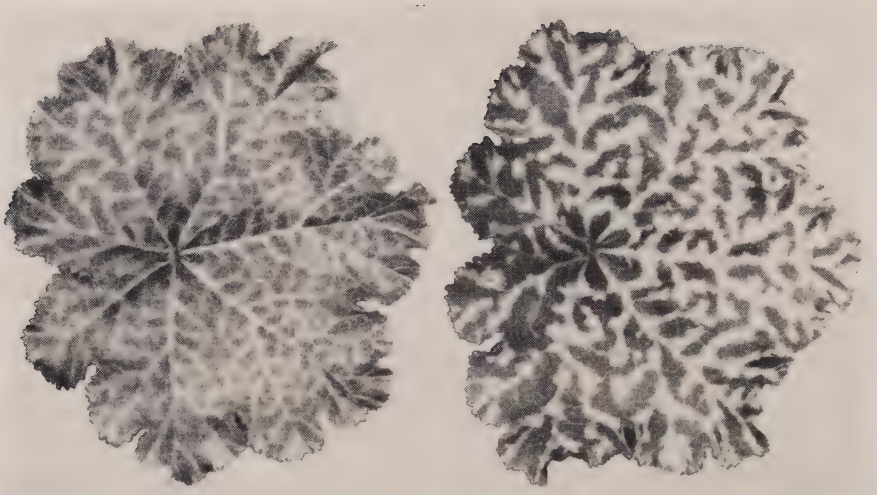


Abb. 6. *Malva crispa* L. Links: Grünstamm, rechts: Gelbstamm (rein); infiziert: 2. 6. 1954, photographiert: 15. 6. 1954

Ein Teil der älteren Blätter weist meistens noch eine hellgrüne, bei der 38-Isolierung eine goldgelbe, sich auch manchmal gelb-braun färbende, mehr oder weniger diffuse Fleckung in den Interkostalfeldern auf. Aus diesen Flecken entwickelt sich häufig eine Ringfleckung. Die Ringe sind etwa 2 bis 3½ mm groß und etwas diffus verlaufend. Das Zentrum hat die normalgrüne Färbung (Abb. 5). Im allgemeinen sind bei den meisten der infizierten Pflanzen sechs bis acht Wochen nach der Inokulation keine Anzeichen einer Infektion mehr sichtbar. Beide Isolierungen bilden die gleichen Symptome aus, sie unterscheiden sich nur durch die Intensität der Färbung (Abb. 6).

Ins Freiland gepflanzte infizierte Malven behielten die Symptomausprägung bis in den November hinein bei. Wahrscheinlich ist ihr Verschwinden im Gewächshaus auf das relativ schnelle Altern der Pflanzen zurückzuführen, das durch die Anzucht in kleinen Töpfen verursacht wird. Blüte und Fruchtansatz waren bei keiner der infizierten Malvenarten durch die Infektion beeinflußt. Wuchshemmungen traten nicht auf.

Abutilon theophrastii Medik.:

Von vier im Gewächshaus vorgenommenen Abreibungen verlief nur eine positiv, obwohl ins Freiland verpflanzte, gesunde Pflanzen der gleichen Art in kurzer Zeit von benachbarten, kranken *Malva neglecta* aus 100%ig durch Läuse infiziert wurden. Auch hier erschienen nach zwölf Tagen an den jüngsten Blättern, zunächst vereinzelt, sehr feine stippenförmige Aufhellungen, vor allem an den Seitenadern dritter und vierter Ordnung (die Abreibung erfolgte im Juli). 14 Tage nach der Inokulation zeigte dann ein größerer Teil der Blätter deutliche Anzeichen einer Viruseinwanderung. Die Aufhellungen waren etwa 3 mm lang, 1 bis 1½ mm breit und vor allem auf die Nebenadern dritter Ordnung konzentriert. Vier Tage lang war ein zu-

sammenhängendes, aufgehelltes Netz über die Blätter gehend sichtbar. Mit dem Älterwerden der Pflanzen wurden die Symptome diffuser. Die Blätter bekamen ein mehr fleckiges Aussehen und zeigten nach etwa sechs Wochen keine Anzeichen einer Infektion mehr.

Hibiscus trionum L.:

Elf Tage nach der Inokulation tritt eine feine, etwas undeutlichere und diffusere Hellstippung als bei den anderen Arten an den jüngsten Blättern auf. Außerdem scheinen hier, im Gegensatz zu den anderen Malvaceen, die Aufhellungen nicht immer mit den Adern zusammenzufallen. Sie sind häufig

Abb. 7. *Hibiscus trionum* L. (Grünstamm). Links: infiziert, rechts: Kontrolle; infiziert: 30. 7. 1954, photographiert: 18. 9. 1954

mehr willkürlich verteilt und erscheinen zuerst vereinzelt, werden dann dichter und bedingen schließlich ein ausgesprochenes Mosaik (Abb. 7). An tiefer am Stengel inserierten älteren Blättern konnten niemals Symptome beobachtet werden. Sechs Wochen nach der Inokulation waren die jüngeren Blätter symptomlos, nur die inzwischen ausgetriebenen Achselsprosse wiesen an ihren kleinen Blättchen wieder die gleichen, oben beschriebenen Zeichnungen auf.

Althaea officinalis L.:

In mehreren Testreihen konnte *Althaea rosea* var. *nigra* nicht infiziert werden, es gelang jedoch bei *A. officinalis* in drei von vier Versuchen. Die Symptome sind niemals deutlich ausgebildet. An den jüngeren Blättern wird immer nur eine leichte, diffuse Adernaufhellung sichtbar, die deutliche Unterschiede zu den Kontrollen vermissen läßt. Auch an den älteren Blättern waren in einigen Fällen die Adern stellenweise heller gefärbt. Sie wurden dadurch in ihrem Aussehen diffus-fleckig. Die gelungene Infektion konnte einwandfrei nur durch Rückteste festgestellt werden.

Gossypium spec. L.[1]), Herkunft Ungarn, Art und Sorte unbekannt:

Schon RYSHKOW (1946) erwähnt in seiner Beschreibung des hier vorliegenden Virus, daß eine Infektion von Baumwolle ihm weder durch Pfropfung noch durch mechanische Abreibung gelang. Trotz wiederholter Versuche mit verschiedenen Übertragungsarten unter Einschluß von *Myzus persicae* Sulz., die das Virus im allgemeinen in hohen Prozentsätzen übertragen, konnte auch von mir eine Infektion der Baumwolle nicht erreicht werden.

Mehrere nichtinfizierte Exemplare von jeder der getesteten Malvenarten (außer *Gossypium* spec.) waren im Sommer 1954 ins Freiland gepflanzt und der natürlichen Infektion von benachbart stehenden, infiziert ausgepflanzten *Malva neglecta* aus überlassen worden. Die unter natürlichen Bedingungen sich entwickelnden Symptome glichen den unter Gewächshausverhältnissen ausgebildeten.

3. Virusstämme

Die deutliche Abgrenzung der Ausbreitungsbezirke der beiden Komponenten, aus denen sich die Isolierung 38 offenbar zusammensetzte, eröffnete die Möglichkeit einer relativ leicht durchzuführenden Trennung. Sie wurde gleichzeitig durch Nadelstichinokulation und durch Ausstechen der unterschiedlich gefärbten Blattpartien mit spitz ausgezogenen Glasröhrchen (1/2 bis 1 mm Durchmesser) versucht. Beim Ausstechen der Blattscheibchen bzw. beim Anstechen der infizierten Gewebeteile mit der Nadel wurde sorgfältig darauf geachtet, keine Adern anzustechen, da im Phloem die Anwesenheit beider Viren oder Virusstämme erwartet werden mußte. Das gelang beim Ausstechen mit Glasröhrchen nicht immer zufriedenstellend. Die ausgestochenen Scheibchen wurden unter Na_2SO_3-Lösung zerrieben. Bei den Nadelstichinokulationen wurden die zu infizierenden Pflanzen zehnmal mit der jeweils wieder in das kranke Gewebe eingeführten Nadel angestochen. Die Übertragung erfolgte in beiden Fällen auf *Malva neglecta.*

Schon beim ersten Versuch konnte mit Hilfe der Nadelstichinokulation der Gelbstamm rein abgetrennt werden (drei von zehn Pflanzen wiesen Gelbsymptome auf, die übrigen waren nicht infiziert). Bei Abreibung mit Preßsaft aus den ausgestanzten Scheibchen entwickelten fünf Pflanzen gelbe Symptome, drei hatten Mischsymptome, die restlichen zwei waren nicht infiziert worden.

Die in der gleichen Weise abgetrennte hellgrüne Aufhellungen hervorrufende Komponente der Isolierung 38 erwies sich als identisch mit der Isolierung 36.

Die Ergebnisse aller übrigen, nachfolgend beschriebenen Teste bewiesen, daß es sich bei den beiden Isolierungen um Stämme e i n e s Virus handeln muß. Sie sollen deshalb als Grünstamm = Isolierung 36 oder Gelbstamm = Isolierung 38 bezeichnet werden.

[1]) Das Saatgut wurde freundlicherweise zur Verfügung gestellt vom Versuchsgut Dornburg der Friedrich-Schiller-Universität Jena.

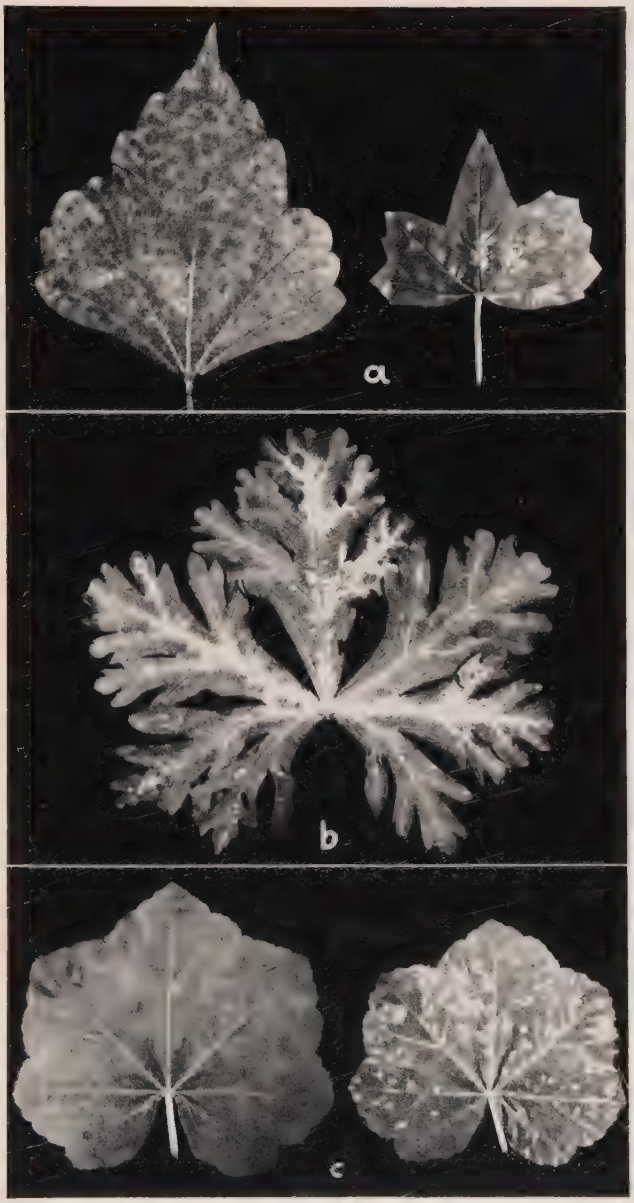


Abb. 8
Symptome an verschiedenen Wirtspflanzen (Gelbstamm).

a) *Anoda cristata* Schlechtend.
Links: ausgewachsenes Blatt,
rechts: junges Blatt;
infiziert: 29. 7. 1954,
photographiert: 18. 9. 1954

b) *Malva moschata* L.
infiziert: 20. 8. 1954,
photographiert: 11. 9. 1954

c) *Lavatera arborea* L.
Links: Kontrolle,
rechts: infiziert;
infiziert: 30. 8. 1954,
photographiert: 18. 9. 1954

4. Möglichkeiten der Übertragung

Aus der Art und Weise, in der eine Viruskrankheit sich übertragen läßt, können weitgehende Schlußfolgerungen gezogen werden auf die Häufigkeit und die Art ihres Auftretens unter Freilandbedingungen. Durch die Einbeziehung mehrerer experimenteller Übertragungsweisen kann außerdem der Wirtspflanzenkreis vieler Viren erweitert werden.

a) Pfropfung

Als Nachweis einer Virusinfektion gilt in der pflanzlichen Virusforschung die Möglichkeit der Übertragung durch Pfropfung. Da die viröse Natur des krankmachenden Agens schon durch Läuseübertragung und mechanische Abreibung erwiesen war, wurde die Pfropfung hier lediglich angewandt, um Baumwolle (*Gossypium* spec.), die auf die anderen Übertragungsmodi nicht reagierte, zu infizieren.

Kleine Achseltriebe von *Hibiscus trionum* L., die in dem mir zur Verfügung stehenden Malvensortiment *Gossypium* systematisch am nächsten steht, wurden abgenommen und in Keilpfropfung in zwei Serien auf je acht Baumwollpflanzen gepfropft. Die Baumwolle war im Gewächshaus angezogen worden und hatte zum Zeitpunkt der Pfropfung neben den Primärnoch zwei Sekundärblätter ausgebildet. Um das schnelle Welken des Pfropfreises zu verhindern und das Anwachsen zu erleichtern, blieben die gepfropften Pflanzen etwa 14 Tage in einer feuchten Kammer. Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen konnte nicht verhindert werden, daß die Pfropfreiser etwa vier Wochen nach Beginn des Versuches zu welken begannen und bei einem Teil der Pflanzen an den Pfropfstellen Fäulniserscheinungen auftraten. Eine Verwachsung wurde in keinem Falle erreicht. Eine Infektion durch den etwa vier Wochen währenden Kontakt mit dem infizierten Reis trat nicht ein. Es wurde deshalb noch ein Versuch angesetzt, in dem eine Abart des Pfropfens, das Ablaktieren mit Gegenzungen, angewendet wurde. Das Pfropfreis bleibt dabei mit seiner Mutterpflanze in Verbindung und wird von ihr weiter ernährt. Es sollte damit das schnelle Abwelken des Reises vermieden werden. Durch den kontinuierlich fließenden Virusstrom hoffte ich, eine Infektion, wenn sie überhaupt möglich war, zu erreichen. Durch Anplatten mit Gegenzungen wird die Wundfläche vergrößert und die Kambialgewebe der Pfropfpartner in innige Berührung gebracht.

Es standen für diesen Versuch nur zwei Pflanzen zur Verfügung. Eine der verwendeten Baumwollpflanzen starb zehn Wochen nach Beginn des Versuches ab, ohne Symptome gezeigt zu haben, die andere Pfropfung wurde 18 Wochen beobachtet. Eine Verwachsung hatte nicht stattgefunden, obwohl RYSHKOW (1946) angibt, daß sie leicht zu erreichen sei. Allerdings ist aus seinen Angaben nicht zu ersehen, welche Malvenart er als Pfropfpartner der Baumwolle auswählte.

Die Baumwolle, als einzige Malvacee mit großer wirtschaftlicher Bedeutung, steht nach den vorliegenden Versuchsergebnissen und nach den Beobachtungen von RYSHKOW außerhalb des Wirtspflanzenkreises des hier beschriebenen Virus.

b) Mechanische Übertragung

Die Übertragung beider Isolierungen mit Preßsaft gelingt sowohl mit als auch ohne Zusatz von Na_2SO_3-Puffer verhältnismäßig leicht, wenn auch nicht immer in hohen Prozentsätzen, wie die Tabelle 2 der Wirtspflanzenuntersuchungen zeigt. Störend machte sich bei allen mechanischen Übertragungen

der Gehalt der Malvaceen an Schleimstoffen bemerkbar, die auch Pringsheim und Krüger (1932) und Hegi erwähnen. Bei den einfachen Inokulationen, z. B. bei den Wirtspflanzenuntersuchungen, bei denen ein quantitatives Messen des Preßsaftes nicht nötig ist, wurde das infektiöse Blattmaterial unter Na_2SO_3-Lösung möglichst fein zermörsert und dann das schleimige Gemengsel auf den Blättern der Testpflanzen verrieben. Schädigungen, die auf die Wirkung des aufgeriebenen Schleimes zurückzuführen gewesen wären, wurden in nur geringem Maße beobachtet. Sie hinderten den Abtransport des Virus aus den abgeriebenen Blättern nicht. Bei Abreibung von Tabakmosaikvirus-haltigem Preßsaft auf *Nicotiana glutinosa* L. verminderte eine Zumischung von Preßsaft aus Malven im Verhältnis 1 : 1 die Zahl der ausgebildeten Lokalläsionen nicht. Eine Hemmwirkung, wie sie von Preßsäften verschiedener Pflanzen bekannt ist, scheint der schleimhaltige Preßsaft der Malvaceen bei der Übertragung von Viren also nicht auszuüben. Bei Übertragung auf den gleichen Wirt, aus dem der Preßsaft hergestellt wurde, trat in den Untersuchungen verschiedener Autoren (van der Want, 1951; Diachun, 1952; Gendron und Kassanis, 1954 u. a.) eine Hemmwirkung zudem gewöhnlich nicht ein.

Die Inkubationszeit beträgt im Durchschnitt zehn bis zwölf Tage, ihre Dauer variiert in gewissem Maße mit der Jahreszeit. Während sie in den Monaten Oktober bis April sich auf 15 bis 20 Tage ausdehnen kann, erscheinen in den Monaten Mai bis September die ersten Symptome gewöhnlich nach 9 bis 13 Tagen, in einigen Fällen aber auch schon sechs Tage nach der Inokulation. Wesentliche Schwankungen im Prozentsatz der Infektionen konnten im Ablauf des Jahres nicht beobachtet werden.

Die Inkubationszeit bei Übertragung durch *Myzus persicae* ist etwas kürzer. Sie beträgt im Durchschnitt der Versuche acht bis elf Tage. Alle in den Testen verwendeten Malvaceen erwiesen sich gleich günstig als Virusquelle oder als Testpflanze. Es wurde deshalb *Malva neglecta* als Haupttestpflanze gewählt.

c) Übertragung mit Hilfe von *Cuscuta campestris* Yunck.

Etwa 10 bis 15 cm lange Sproßstücke der an *Nicotiana glauca* Grah. kultivierten Seide wurden um eine infizierte Pflanze geschlungen. Nachdem sich Haustorien ausgebildet hatten und die Seide zu längeren Sprossen weiter gewachsen war, wurden diese auf vier bis fünf gesunde Pflanzen übergezogen. Eine Berührung dieser letzten mit der Infektionsquelle wurde zu vermeiden gesucht, obwohl eine Infektion durch einfachen Kontakt infizierter mit gesunden Pflanzen im Gewächshaus niemals beobachtet worden war. Die Testpflanzen blieben während der Dauer des Versuches über die Seide mit den infizierten Pflanzen in Verbindung. In einzelnen Fällen wurden auch Sproßstücke der an den infizierten Pflanzen wachsenden Seide abgetrennt und einzeln um die Testpflanze geschlungen. Enthielt die Seide das Virus, oder war sie selbst Wirt des Virus, dann mußte auch auf diese Weise eine

Infektion erfolgen. Das Ergebnis der Versuche wurde durch Rücktest auf *Malva neglecta* ermittelt. In neun im Sommer und Herbst 1954 durchgeführten Versuchen erwies sich keine der Testpflanzen als infiziert.

Auch in der Seide konnte das Virus nicht nachgewiesen werden. *Cuscuta campestris* scheint also weder ein Wirt des Virus zu sein, noch ist sie befähigt, das Virus in ihren Leitbahnen zu transportieren.

d) Insektenübertragung

Nach BÖRNER (1952) werden Malvaceen von einer größeren Zahl von Blattlausarten besiedelt.

Die dichte Besiedlung der im Sommer 1954 ins Freiland gepflanzten Malven mit verschiedenen Läusearten und die innerhalb weniger Wochen

Tabelle 3

Übertragung der Isolierungen des *Malva* Virus 1 Ryshkow durch Blattläuse

Testpflanze: *Malva neglecta* Wallr.

Vektor	*Malva*-Infektionsquelle	Isolierung	Infektionssaugzeit in Std.	Testsaugzeit in Tagen	Anzahl Läuse pro Pflanze	Infektionen[1])	Dauer der Beobachtung in Tagen
Doralis fabae Scop.	*neglecta*	36+38	24	18	5	0/3	57
Coloradoa rufomaculata Wilson	*neglecta*	36+38	24	14	15	0/5	53
Myzus ascalonicus Donc.	*neglecta*	36+38	24	14	8	0/5	62
		36+38	24	14	8	0/5	62
		36+38	24	14	10	0/5	42
		36+38	24	14	10	0/10	41
		36	1	1	10	0/8	49
		38	1	1	10	0/8	49
Myzus persicae Sulz.....	*neglecta*	36	24	14	20	10/12	30
		38	24	14	10	1/12	58
	silvestris	36+38	1	14	20	3/5	34
		36+38	3/4	14	20	1/5	34
		36+38	1/2	14	20	5/5	34
		36+38	1/4	14	20	3/5	34
Neomyzus circumflexus Buckt.	*neglecta*	36	24	14	5	0/5	62
		36	24	14	5	0/5	38
		36	24	14	10	0/5	111
		38	24	14	15	0/5	44
		38	24	14	5	0/5	38
		38	24	14	10	0/10	56
		38	24	14	10	0/5	111
		36	1	1	10	0/10	31
		38	1	1	10	0/10	31
Myzus ornatus Laing	*neglecta*	38	24	14	10	0/10	49
Aulacorthum pseudosolani Theob.	*neglecta*	38	24	14	7	0/4	49
Macrosiphon solanifolii Ashm.	*neglecta*	36+38	24	14	10	0/8	55
		36	24	14	20	0/5	44

[1]) Der Nenner bezeichnet die Zahl der verwendeten, der Zähler die der infizierten Testpflanzen.

erfolgte 100%ige Infektion dieser Pflanzen ließ darauf schließen, daß mehrere Vektoren für die Übertragung des Virus in Frage kommen. Neben den aus den Zuchten zur Verfügung stehenden Arten wurden deshalb noch einige andere Läusearten, die im Freiland und in Gewächshäusern verschiedener Gärtnereien Aschersleben gesammelt worden waren, auf ihre Vektoreigenschaften geprüft (Tab. 3).

Die Saugzeiten auf infizierten und gesunden Pflanzen waren in diesen Versuchen relativ lang bemessen, weil über Persistenz bzw. Nicht-Persistenz des Virus noch keine Erfahrungen vorlagen. Kontrollpflanzen wurden mit Läusen besetzt, die an gesunden Pflanzen gesogen hatten. Von den getesteten Blattlausarten konnte nur *Myzus persicae* Sulz. das Virus übertragen. *Tetranychus althaeae* v. Hanst.[1]), die in den Wintermonaten der Jahre 1953/54 und 1954/55 die in den Gewächshäusern stehenden Malven sehr stark besiedelte, ist kein Vektor des Virus.

Watson und Roberts (1939) teilten die insektenübertragbaren Viren ein in persistente und nicht-persistente, eine Unterscheidung, die ein Charakterisierungsmerkmal von Viren darstellt. Die wesentlichsten Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen faßt Storey (1939) in zwei Punkten zusammen:

1. Bei der Übertragung persistenter Viren tritt eine Verzögerung in der Entwicklung der Infektiosität der Vektoren ein, eine „latent-", „waiting-", „incubation-" oder „preinfective period". (In der deutschen Literatur wird sie allgemein als Zirkulations- oder Celationszeit bezeichnet.) Bei der Übertragung nicht-persistenter Viren ist eine Zirkulationszeit nicht vorhanden. Die Vektoren sind sofort nach dem Saugen an der kranken Pflanze infektiös.

2. Bei der Übertragung persistenter Viren behalten die Vektoren ihre Fähigkeit zu infizieren eine lange Zeit, häufig über ihr ganzes Leben. Bei der Übertragung nicht-persistenter Viren geht die Infektiosität der Vektoren sehr schnell verloren. Bei kurzfristigem Saugen an einer Testpflanze können sie, auf die nächste Pflanze übergesetzt, diese schon häufig nicht mehr infizieren.

Wie die Tabelle 3 ausweist, kann *Myzus persicae* beide Isolierungen schon nach relativ kurzen Saugzeiten an der Infektionsquelle übertragen. Die Ergebnisse der in Tabelle 4 zusammengefaßten Teste zeigen, daß bereits bei einer Infektionssaugzeit von einer Minute das Virus aufgenommen wird.

Auf Watson (1938) geht die Beobachtung zurück, nach der ein Fasten vor der Virusaufnahme die Vektoreigenschaften von Aphiden bei der Übertragung nicht-persistenter Viren erheblich steigert. In allen Versuchen, einschließlich der in Tabelle 4 zusammengefaßten, wurde deshalb eine Hungerperiode von zwei Stunden eingeschoben. Zu diesem Zweck wurden die Läuse in einer Petrischale gehalten, in deren Deckel eine Scheibe feuchtes Filtrierpapier eingelegt war. — Die Blätter der in den Testen sowohl als Infektionsquelle wie auch als Testpflanze verwendeten *Malva neglecta* waren häufig nicht groß genug, um die von Rüppold (1954) beschriebenen Perfolkäfige an-

[1]) Freundlicherweise bestimmt von Herrn Dr. R. Fritzsche, Aschersleben.

setzen zu können. Auf den relativ kleinen und häufig stark gefalteten Blättern dieser Malvenart waren die Läuse aber oft nur mit Schwierigkeiten wieder aufzufinden, wenn sie sich frei über die Pflanzen bewegen konnten. Die Virusaufnahme erfolgte deshalb an einzelnen, möglichst stark ausgeprägte Symptome zeigenden Blättern, die auf ein Stück feuchten Filtrierpapiers in eine Petrischale gelegt wurden (MILLER, 1954).

Tabelle 4

Übertragung bei verschiedenen Infektionssaugzeiten
5 *Myzus persicae* je Pflanze; 10 Pflanzen je Test
(Die Zahlen geben die Anzahl der infizierten Pflanzen an)

Isolierung	Zeitdauer der Virusaufnahme in Minuten			
	1	5	10	15
36	8	6	—	2
	7	9	3	8
38	1	8	2	2
	10	6	1	4
36+38	26	29	6	16

Bei Saugzeiten von einer Minute Dauer wurden die Insekten mit der Lupe beobachtet und die Zeit des Saugens mit der Stoppuhr bemessen. Die drei bis vier Probeeinstiche, die sie zumeist ausführten, wurden bei der Bemessung der Saugzeit außer acht gelassen. Angegebene Saugzeiten von länger als einer Minute Dauer stellen die Zeit dar, während der die Überträger sich auf den Blättern bzw. auf den Pflanzen befanden, nicht die wirkliche Saugzeit.

Experimentell werden zwei Methoden angewandt, um die Dauer der Zirkulationszeit bei Insektenvektoren nach vorheriger Virusaufnahme festzustellen:

1. Die Vektoren werden in bestimmten Zeitintervallen auf eine Reihe gesunder, anfälliger Pflanzen fortlaufend übertragen.

2. Die Insekten werden auf die Testpflanzen erst übergesetzt, nachdem sie nach der Virusaufnahme längere Zeit an einer nicht-anfälligen Pflanze gehalten wurden.

Ich wählte die erste dieser beiden Möglichkeiten, da aus den Ergebnissen eines Tastversuches geschlossen werden konnte, daß es sich um ein nicht-persistentes Virus handeln müsse. Die Zeitintervalle, innerhalb derer das Übersetzen auf eine neue Reihe von Testpflanzen erfolgte, wurden darum auch relativ kurz gewählt. Nach einer zweistündigen Hungerzeit und nach einer fünf Minuten währenden Virusaufnahme wurden die Läuse einzeln auf zehn gesunde Pflanzen gesetzt, auf denen sie fünf Minuten belassen wurden, um dann auf eine neue Pflanzenreihe übertragen zu werden. Bei Verwendung von fünf Reihen zu je zehn Pflanzen saugte also jede Laus innerhalb von 25 Minuten an fünf Pflanzen.

In einem Vorversuch war festgestellt worden, daß bei Verwendung mehrerer Läuse je Pflanze, eine Methodik, wie sie von einigen Autoren an-

gewandt wurde (Hoggan, 1933; Hamlyn, 1955), die Ergebnisse nicht sicher zu beurteilen waren. Die einzelnen Läuse saugten in einigen Fällen erst an der zweiten oder dritten Pflanze dieser Übertragungen, so daß sich Überschneidungen ergaben und vierte und fünfte Pflanzen infiziert wurden.

Die Versuche liefen mit nur dreimaliger Wiederholung, da trotz der geringen Zahl infizierter Pflanzen die Ergebnisse übereinstimmend darauf hinwiesen, daß beide Isolierungen des Virus sich gleich verhielten und den nichtpersistent übertragbaren Viren zuzuordnen waren (Tab. 5).

Tabelle 5

Infektionsverlauf bei sukzessiver Übertragung

Saugzeit 5 min; 1 *Myzus persicae* je Pflanze; 30 Pflanzen je Testpflanzenreihe

Testpflanzenreihe	Zahl der infizierten Testpflanzen	Testpflanzenreihe	Zahl der infizierten Testpflanzen
Isolierung 36		Isolierung 38	
I	6	I	10
II	1	II	1
III	1	III	2
IV	1	IV	—
V	—	V	1
Insgesamt	9	Insgesamt	14

Von den jeweils 30 zur Übertragung der beiden Isolierungen verwendeten *Myzus persicae* infizierten mit der Isolierung 36

4 nur die erste Pflanze,
1 die erste und zweite Pflanze,
1 die erste, dritte und vierte Pflanze.

Mit der Isolierung 38 infizierten

8 Läuse nur die erste Pflanze,
1 Laus die erste und dritte Pflanze,
1 Laus die erste und fünfte und
1 Laus die zweite und dritte Pflanze.

Für beide Isolierungen entfällt die Mehrzahl der Infizierten auf die erste Serie der Übertragungen. Pflanzen der zweiten bis fünften Reihe konnten nur in vereinzelten Fällen noch infiziert werden, in der fünften Reihe der Übertragungen wurden Infektionen nur in einem Falle beobachtet. Das Virus entspricht also, da die Infektiosität der Vektoren sehr schnell verlorengeht (spätestens 25 Minuten nach der Virusaufnahme), dem Typ des nichtpersistenten Virus.

Infektionen einer zweiten oder dritten Pflanze, nachdem die Vektoren an einer ersten Testpflanze nur kurze Zeit gesaugt hatten, erhielt auch van Hoof (1954) bei der Übertragung nicht-persistenter Viren. In den für die Isolierung 36 angeführten Ergebnissen konnten nur in einem Falle drei Pflanzen von einer Laus innerhalb einer Gesamtsaugzeit von 20 Minuten

infiziert werden. Der Einfluß der Hungerzeit auf die Virusübertragung, auf den sich die neue Definition der Persistenz und Nicht-Persistenz von Viren durch WATSON (1946) gründet, wurde nicht untersucht.

Die Testsaugzeit, die eine Übertragung der beiden Virusstämme noch ermöglichte, konnte als unterhalb von einer Minute liegend ermittelt werden (Tab. 6).

Die Dauer der Virusaufnahme betrug fünf Minuten. Nach dem mit einer Stoppuhr bemessenen Saugen auf den Testpflanzen wurden die Läuse mit dem Pinsel abgenommen.

Tabelle 6

Übertragung bei verschiedenen Testsaugzeiten
5 *Myzus persicae* je Pflanze; 10 Pflanzen je Test
(Die Zahlen geben die Anzahl der infizierten Pflanzen an)

Isolierung	Zeitdauer des Testsaugens in Minuten			
	1	5	10	15
36	5	6	9	9
	4	8	7	7
38	7	8	4	4
	8	7	4	6
36+38	24	29	24	26

Es kann demnach der ganze Übertragungsvorgang für das Malvenvirus in weniger als zwei Minuten abgeschlossen sein.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Übertragung beider Isolierungen des Malvenvirus durch *Myzus persicae* nach Art der nicht-persistenten Viren erfolgt. Beide Isolierungen wurden von dieser Aphide in weniger als einer Minute aus infizierten Pflanzen aufgenommen und in der gleichen Zeitspanne auch wieder in gesunde Pflanzen eingebracht. Der Vektor verliert das Infektionsvermögen zumeist während des Saugens an der ersten gesunden Pflanze.

c) Samenübertragung

In den Malvenanzuchten im Gewächshaus waren des öfteren Pflanzen zu finden, deren Blätter etwas mißgestaltet und leicht gewellt waren, und die zum Teil auch eine diffuse Adernaufhellung zeigten. An älteren Blättern trat häufig eine Hell-dunkelgrün-Fleckung auf. Abreibungen von solchen Pflanzen verliefen negativ. Aus Samen infizierter *Malva silvestris* L. und *M. crispa* L. konnten 429 gesunde Pflanzen aufgezogen werden. Das Virus ist demnach mit großer Wahrscheinlichkeit als nicht-samenübertragbar anzusehen.

f) Bodenübertragung

Die Prüfung auf Bodenübertragbarkeit des Virus wurde in folgender Weise durchgeführt: Im Gewächshaus etwa zwei Monate vorher infizierte Malven, zumeist *Malva neglecta*, wurden ausgetopft, ihre Erde, die zum

Teil sehr stark durchwurzelt war, durch Absieben von groben Wurzelteilen befreit und in Pikierkästen gefüllt. In diese Erde wurden kleine Pflänzchen gesunder *Malva neglecta*, *M. crispa* und *M. silvestris* pikiert und diese etwa sechs Wochen später bonitiert. Insgesamt 411 Pflanzen wuchsen in „infizierter" Erde auf. An keiner dieser Pflanzen konnten Anzeichen einer Infektion beobachtet werden.

5. Eigenschaften des Virus

Die submikroskopische Größe der Viruspartikel schließt zunächst noch eine generelle Klassifizierung auf morphologischer Basis aus, obwohl die Elektronenmikroskopie steigende Bedeutung in der Differenzierung von Pflanzenviren erhält. Die meisten anderen bis jetzt anwendbaren Methoden sind einzeln angewandt unsicher, aber die Untersuchung eines Virus nach den verschiedensten Methoden gibt doch ein annähernd klares Bild über seine Natur. Seit der Arbeit von Johnson (1927) über die Klassifizierung von Pflanzenviren gehört die Feststellung des Grenzpunktes der thermalen Inaktivierung, des Grenzpunktes der Verdünnungsfähigkeit, der Widerstandsfähigkeit gegen Austrocknung und der Lebensdauer eines Virus in vitro zu den Grundlagen der Virusdiagnostik, obwohl über den Wert dieser Daten im einzelnen sehr zweifelnde Meinungen laut geworden sind, da sie von zu vielen unkontrollierbaren Bedingungen abhängig sind (Bawden, 1950; Bartels, 1955). Auch bei der praktischen Arbeit ergeben sich viele Fehlermöglichkeiten, die nicht zu eliminieren sind.

Aus den Angaben von Ryshkow (1946) war nicht zu entnehmen, ob und bis zu welchem Grade in der Sowjetunion in dieser Hinsicht Untersuchungen über das *Malva* Virus 1 durchgeführt worden sind. Die Eigenschaften beider Stämme sollten deshalb im einzelnen festgestellt werden.

Schwierig war infolge des hohen Schleimgehaltes die Gewinnung größerer Preßsaftmengen, wie sie für diese Feststellungen benötigt wurden. Auch aus größeren Mengen zermörserter Blattmasse konnte häufig nicht ein Tropfen Saft abgepreßt werden, weil Malven zudem einen zwar sehr unterschiedlichen, im Schnitt jedoch relativ geringen Wassergehalt besitzen (Tab. 7).

Ein Aufschwemmen fein zermörserter Blattmasse in der vorgesehenen Menge Wasser kam darum nicht in Frage, weil sich die Blätter niemals fein genug zerreiben ließen, als daß eine gleichmäßige Verdünnung gewährleistet gewesen wäre. Auch für die Feststellung der thermalen Inaktivierung wäre das Verfahren nicht angängig gewesen, da, wie ein Versuch in dieser Richtung zeigte, das Virus in der Blattmasse wesentlich höhere Temperaturen überstehen kann als im Saft (vgl. auch Bartels, 1955).

Es wurde deshalb folgender Weg beschritten: Das grob zerriebene, vorher gewogene Infektionsmaterial wurde zwölf Stunden bei — 6 ° bis — 8 ° C eingefroren, darauf 77 % des Gewichtes (= durchschnittlicher Wassergehalt von *Malva neglecta*-Blättern) in Kubikzentimeter Wasser zugegeben und gründlich zermörsert. Der abgepreßte Saft wurde als 1 : 1 verdünnt angesehen. Eine Schädigung des Virus durch das Einfrieren trat nicht ein. Von

Tabelle 7

Bestimmung des Wassergehalts von Blättern von *Malva neglecta* Wallr.

Trocknung über H_2SO_4, konz.

Probe	Frischgewicht g	Trockengewicht g	Gewichtsabnahme g	Wassergehalt %
I	0,2592	0,0398	0,2194	84,65
II	0,3114	0,0725	0,2389	76,72
III	0,2723	0,0706	0,2017	74,07
IV	0,3422	0,0864	0,2558	74,75
V	0,4592	0,1076	0,3516	76,57
VI	0,2713	0,0591	0,2122	78,21
VII	0,3426	0,1076	0,2350	68,59
VIII	0,2362	0,0820	0,1542	65,28
IX	1,3660	0,0800	1,2860	94,14
X	0,2409	0,0563	0,1846	76,63
				⌀ 76,96

in zwei Reihen zu je 20 Pflanzen mit derartigem Preßsaft inokulierten *Malva neglecta* wurden 19 bzw. 20 Pflanzen infiziert.

Ein weiteres Hindernis war die große Labilität des Virus. Trotz mehrfacher Wiederholung der Versuchsreihen waren Infektionen immer nur vereinzelt zu erzielen. Die Teste wurden nach Möglichkeit für beide Isolierungen gleichzeitig durchgeführt. Die zur Preßsaftherstellung verwendeten Pflanzen waren zwölf bis höchstens 20 Tage vorher infiziert worden.

a) Thermale Inaktivierung

Das Erhitzen des im Verhältnis 1 : 1 verdünnten schaumig-schleimigen Preßsaftes erfolgte im Hoeppler-Thermostaten im Wasserbad für eine Dauer von 10 Minuten in mit Wattestopfen verschlossenen Reagenzgläsern. Die Menge des Preßsaftes in den einzelnen Röhrchen betrug in allen Testen 2 ccm. Die verschiedenen Temperaturgrade waren bei diesem Gerät mit ± 0,6 ° C einzuhalten. Nach dem Erhitzen wurden die Röhrchen unter fließendem Wasser abgekühlt und die Abreibung nach der Behandlung aller für einen Test vorgesehenen Preßsaftmengen vorgenommen. Jeder Versuch blieb vier Wochen unter Beobachtung.

Tabelle 8

Feststellung der thermalen Inaktivierung

(Summe aus sieben Versuchsreihen)

° C/10 min	Zahl der Testpflanzen	Zahl der infizierten Pflanzen Isolierung	
		36	38
Kontrolle	21	6	7
55	70	2	0
60	70	1	0
65	60	0	0

In einigen ergänzenden Versuchen wurde mit der Isolierung 38 mit auf 50 ° C erhitztem Preßsaft eine von zehn Pflanzen infiziert (Versuchsbeginn 30. September 1954). Mit der Isolierung 36 erhielt ich noch je eine Infektion bei Verwendung von jeweils zehn Testpflanzen mit Preßsaft, der auf 62 ° und 64 ° C erhitzt worden war (Versuchsbeginn 29. April 1955).

Wie die Tabelle 8 zeigt, ist die Infektionsrate so klein, daß aus den Ergebnissen eindeutige Schlüsse nicht gezogen werden können. Auch von den mit nicht erhitztem Saft abgeriebenen Kontrollen sind nur wenige oder keine Pflanzen infiziert worden. Deshalb ist anzunehmen, daß eine wesentliche Inaktivierung schon in der Zeitspanne erfolgt, die die Behandlung des Preßsaftes erfordert. Auf die saisonbedingten Schwankungen der Infektionsrate wird später noch einzugehen sein.

b) Grenzwert der Verdünnung

Der Ausgangspreßsaft lag, wie bereits beschrieben, schon in einer Verdünnung von 1 : 1 vor. Er wurde durch Zugabe von Leitungswasser auf die höheren Verdünnungsstufen gebracht. Auch hier war die Zahl der Infizierten zu gering, als daß die Ergebnisse zu einer definitiven Angabe des Verdünnungsendpunktes berechtigten (Tab. 9).

Trotz der geringen Zahl infizierter Pflanzen in den einzelnen Versuchsreihen stellt sich der Endpunkt der Verdünnung jedoch etwas deutlicher dar als der der thermalen Inaktivierung. Er scheint für beide Isolierungen bei Verdünnungen zwischen 1 : 100 und 1 : 500 zu liegen.

Tabelle 9

Grenzpunkt der Verdünnung
(Summe aus vier Versuchsreihen)

Verdünnung	Zahl der Testpflanzen	Zahl der infizierten Pflanzen Isolierung	
		36	38
1 : 1	20	6	4
1 : 10	40	3	8
1 : 100	40	2	1
1 : 500	40	0	0

c) Lebensbeständigkeit in vitro

Für die Prüfung der Lebensbeständigkeit in vitro erfolgte die Aufbewahrung des 1 : 1 verdünnten Preßsaftes in mit Watte abgedichteten Reagenzröhrchen im diffusen Licht bei Labortemperaturen (19 bis 22 ° C).

Die Isolierung 36 wurde in zwei Fällen noch nach 72, jedoch nicht mehr nach 96, die Isolierung 38 in einem Fall noch nach 120 Stunden Alterung des Preßsaftes infektiös gefunden (Tab. 10). Der relativ hohe Anteil an infizierten Pflanzen bei der Isolierung 36 nach 48 Stunden Alterung (10 von 40 Testpflanzen) ist zurückzuführen auf die Ergebnisse einer der vier Versuchsreihen. Er ließ sich in den später durchgeführten Versuchen nicht wieder erzielen.

Tabelle 10
Lebensbeständigkeit in vitro bei Zimmertemperatur
(Summe aus vier bzw. drei Versuchsreihen)

Alterung in Stunden	Isolierung 36		Isolierung 38	
	Zahl der Testpflanzen	Zahl der infizierten Pflanzen	Zahl der Testpflanzen	Zahl der infizierten Pflanzen
0	12	12	9	8
48	40	10	20	0
72	40	2	30	1
96	40	0	30	1
120	30	0	20	1

Ob besonders günstige Umweltbedingungen bei der Übertragung dafür verantwortlich zu machen waren, ließ sich nicht feststellen.

Die Lebensbeständigkeit des Virus bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt wurde in der gleichen Weise geprüft. Die Röhrchen, die jeweils 1 ccm Preßsaft enthielten, wurden in einer Kühlzelle bei Temperaturen unter 0 ° C aufgestellt.

Tabelle 11
Lebensbeständigkeit in vitro bei Minustemperaturen
(Summe aus drei Versuchsreihen)

Alterung in Tagen	Zahl der Testpflanzen	Zahl der infizierten Pflanzen Isolierung	
		36	38
0	9	7	8
10	30	1	0
20	30	0	0
30	30	0	0

In diesen Versuchsreihen konnte nur in einem Fall für die Isolierung 36, also den Grünstamm, noch eine Infektion nach zehn Tagen Alterung festgestellt werden (Tab. 11).

d) Inaktivierung des Virus bei Trocknung der infizierten Pflanze

12 bis 20 Tage vorher infizierte *Malva neglecta* wurden mit den Wurzeln aus den Töpfen herausgenommen, anhaftende Erde abgespült und in diffusem Licht im Laboratorium zum Trocknen aufgehängt. Nach sechs bis acht Tagen waren sie gewöhnlich lufttrocken. Zu den vorgesehenen Terminen wurden von diesen Pflanzen einige Blätter abgenommen und unter Zugabe von 1 ccm Leitungswasser im Mörser zerrieben.

Auch aus den Ergebnissen dieser Prüfungen ist es schwierig, eindeutige Schlüsse zu ziehen. Wie die Tabelle 12 zeigt, konnten mit der Isolierung 36 nach 30 Tagen Trocknung noch eine von 20, mit der Isolierung 38 nach

Tabelle 12
Inaktivierung des Virus durch Trocknung der infizierten Pflanzen
(Summe aus drei Versuchsreihen)

Trocknung in Tagen	Zahl der Testpflanzen	Zahl der infizierten Pflanzen Isolierung	
		36	38
0	15	12	12
10	20	0	3
12	20	3	0
20	30	1	1
30	20	1	—
35	30	0	0
50	20	0	0

20 Tagen Trocknung noch eine von 30 Testpflanzen infiziert werden. Das Verhalten nach 30 Tagen Trocknung wurde mit dem Gelbstamm nicht geprüft.

Die allmähliche Minderung der Infektiosität im Verlauf der Behandlung ist hier wie auch in den anderen Versuchen zur Bestimmung der Eigenschaften dieses Virus im Preßsaft infolge der wenigen infizierten Pflanzen kaum erkennbar. Es erscheint möglich, daß bei Verwendung größerer Testpflanzenreihen und eventueller Abwandlungen der Methodik die festgestellten Inaktivierungsgrenzen sich weiter nach oben verschieben.

In den Arbeiten mit diesem Virus machte sich zudem eine gewisse jahreszeitliche Abhängigkeit der Infektionshäufigkeit bemerkbar. Bei den tiefsten Außentemperaturen (Gewächshaustemperaturen unterhalb 15 ° C) und geringer Lichtintensität im Winter und bei höchsten Außentemperaturen in den Sommermonaten (Gewächshaustemperaturen oberhalb 25 ° C) waren Ergebnisse bei der Festlegung der physikalischen Eigenschaften nur in seltenen Fällen zu erzielen.

Unter diesen Vorbehalten können die Ergebnisse der vorstehend angeführten Versuche wie folgt zusammengefaßt werden: Für die Isolierung 36 muß die Grenze der thermalen Inaktivierung oberhalb 64 ° liegen, für die Isolierung 38 oberhalb 50 ° C. Die Verdünnungsgrenze liegt für beide Isolierungen zwischen 1 : 100 und 1 : 500. Nach 72 Stunden Alterung bei Zimmertemperatur war die Isolierung 36 noch infektiös, die Isolierung 38 noch nach 120 Stunden. In vitro-Alterung bei Minus-Temperaturen vertrug der Grünstamm über zehn Tage bei merklicher Minderung der Infektiosität; mit der Isolierung 38 waren nach zehn Tagen keine Infektionen mehr zu erzielen. Bei Trocknung der infizierten Pflanzen waren der Grünstamm nach 30 Tagen, der Gelbstamm nach 20 Tagen noch infektiös. Die Frage, ob das unterschiedliche Verhalten der beiden Isolierungen bei einigen der Behandlungen auf wirklichen Unterschieden in ihren physikalischen Eigenschaften beruht, muß auf Grund der oben angeführten Vorbehalte noch offen bleiben.

6. Prämunität

Schon die Ergebnisse der Versuche zur Trennung der beiden Stämme bei Mischinfektion ließen vermuten, daß in diesem Falle die beiden Komponen-

ten nicht gleichmäßig im Blatt verteilt sind. Sie sind höchstwahrscheinlich auf die Zonen der Symptomausbildung, zumindest im Anfangsstadium der Erkrankung beschränkt. Das konnte auch aus Prämunitätsversuchen mit den beiden Komponenten geschlossen werden.

Ein Vorversuch hatte ergeben, daß relativ alte *Malva neglecta*, z. B. sich im Blühstadium befindende, bei Abreibungen mit beiden Isolierungen sehr wohl noch Symptome auszubilden vermögen. Ältere Pflanzen sind also nicht infektionsresistent und das allmähliche Verschwinden der Symptome bei infizierten Pflanzen nach der Inokulation ist als eine Tolerierung des Virus anzusehen. Diese Erscheinung ist auch von Wirten anderer Pflanzenviren bekannt (z. B. Tabakringfleckigkeitsvirus, Luzernemosaikvirus). Handelte es sich bei den Isolierungen um verschiedene Viren, so war in den Prämunitätsversuchen zu erwarten, daß auch auf den seit der ersten Abreibung relativ alt gewordenen Pflanzen Symptome des zweiten aufgeriebenen Virus sich entwickeln würden. Mit beiden Isolierungen wurden je zehn *Malva neglecta* infiziert. Nachdem alle Pflanzen deutliche Symptome ausgebildet hatten, wurden aus jeder Reihe fünf Pflanzen ausgewählt, und ein oder zwei ihrer möglichst dichte Zeichnungen aufweisenden Blätter mit der anderen Isolierung inokuliert. Zum gleichen Zeitpunkt und mit dem gleichen Preßsaft erfolgte die Infektion von fünf Kontrollpflanzen, so daß für jeden dieser Teste insgesamt 15 Pflanzen Verwendung fanden. Jeweils fünf waren mit einer der beiden Komponenten als Kontrollen infiziert, fünf waren mit beiden Komponenten abgerieben worden. Vom Zeitpunkt der Zweitinokulation an gerechnet blieben die Pflanzen vier Wochen unter Beobachtung. Drei Wiederholungen brachten immer dasselbe Ergebnis:

Bei Abbruch des Versuches wiesen einzelne Blättchen der doppelt infizierten Pflanzen wohl noch vereinzelt Symptome auf, niemals waren jedoch Anzeichen für ein Angehen der Zweitinfektion bemerkbar, während die mit der zweiten Isolierung zugleich abgeriebenen Kontrollen Symptome ausgebildet hatten. Die Art und Ausfärbung der Aufhellungen waren bei den superinfizierten Pflanzen in jedem Fall charakteristisch für den zuerst inokulierten Stamm. Rückteste auf *Malva neglecta* bewiesen jedoch, daß sich beide Isolierungen nebeneinander vermehren konnten, auch wenn zwischen ihrem Einbringen in die Pflanze 12 bis 14 Tage verstrichen waren.

Nach der in der älteren Literatur (THUNG, 1931; SALAMAN, 1933; KUNKEL, 1934) vertretenen Ansicht sind nur solche Isolierungen als Stämme eines Virus anzusehen, die bei einer Zweitinfektion in ihrer Vermehrung gehemmt bzw. ausgeschlossen werden. Die Forschungen der jüngeren Zeit in dieser Richtung haben jedoch ergeben, daß bei Superinfektion eine Vermehrung auch des zweiten in die Pflanze eingebrachten Stammes erfolgen kann, wenn nicht alles Gewebe von dem ersten restlos durchdrungen ist (BENNETT, 1953; KÖHLER, 1955).

Es wurde deshalb versucht, aus kranken Blättern die normal-grünen Zonen mit spitz ausgezogenem Glasrohr auszustechen und aus ihnen, getrennt von den gelben und mattgrün gefärbten Gewebeteilen, Preßsaft herzustellen. In zwei Versuchen blieben alle mit diesem Preßsaft inokulierten Pflanzen

gesund, während bei Abreibungen aus gelben und hellgrünen Partien derselben gemischt infizierten Blätter alle Testpflanzen infiziert und die Stämme wieder rein abgetrennt werden konnten. Es war dadurch bewiesen, daß die Gewebe nicht gleichmäßig mit Virus durchsetzt waren, wie es in der Literatur für andere Viren mehrfach vermutet und nachgewiesen wurde (Black, Morgan und Wyckoff, 1950; Köhler, 1954; Brandes, 1955). Köhler (1955) zieht aus seinen Untersuchungen mit dem Tabak- und dem Paratabakmosaikvirus die Schlußfolgerung, daß „für das Zustandekommen oder Versagen der Prämunität nicht so sehr die Gesamtkonzentration maßgebend ist, die das erste Virus im Blatt erreicht, als vielmehr die Art seiner Verteilung im Blatt. Auch solche Virusstämme, die nur eine niedrige Gesamtkonzentration im Blatt erreichen, bewirken Abwehrfähigkeit, wenn sie die Epidermis vollständig durchdringen, und andererseits ist auch eine hohe Gesamtkonzentration nicht entscheidend, wenn virus f r e i e Partien in der Epidermis und darunter vorhanden sind." Dies sind die gleichen Gedankengänge, wie sie auch aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung abzuleiten waren.

Aus der Beobachtung, daß sich in superinfizierten Pflanzen Symptome des später aufgeriebenen Virus nicht zeigten, obwohl gleich alte, gesunde Pflanzen bei gleichzeitiger Infektion eine deutliche Symptomausprägung aufwiesen, kann auf die Fähigkeit des bereits infizierten Wirtes, den superinfizierten anderen Stamm zu tolerieren, geschlossen werden. Es ist also eine gewisse gegenseitige Schutzwirkung vorhanden, da die Toleranz, die die Pflanze auf eine Neuinfektion mit dem gleichen Stamm nicht durch Symptome antworten läßt, auch auf den anderen Stamm mit ausgedehnt wird.

Wie die Rückteste auswiesen, vermehrten sich beide Stämme nebeneinander in den Pflanzen. Sie waren auf allen Testpflanzen an Hand der Symptome unterscheidbar. Eine intermediäre Färbung, wie sie durch eine Abwandlung oder gegenseitige Annäherung oder durch eine Kombination der beiden Stämme nach der Theorie von Best (1954) zu erwarten gewesen wäre, wurde nicht beobachtet. Aus hellgrünen und gelben Blattpartien konnten die betreffenden Stämme immer rein isoliert werden. Demnach scheint die Durchdringung eines Gewebes mit dem einen Stamm die Vermehrung des anderen Stammes innerhalb desselben Gewebes auszuschließen.

7. Systematische Zugehörigkeit des Virus

Auf Grund der Eigenschaften des beschriebenen Virus, nach seinem Wirtspflanzenkreis und seiner Übertragungsweise konnte es keinem der bekannteren Malvaceen-Viren, von denen besonders die der Baumwollstaude näher untersucht und beschrieben worden sind, zugeordnet werden.

Smith (1937) erwähnt in seiner Zusammenstellung das Vorkommen eines Mosaiks an *Malva silvestris*, dessen infektiöse Natur noch nicht feststeht. Er beschreibt die Symptome als Flecke, die aus einem hellen Gelb vermischt mit einem dunklen Grün bestehen. Die Blätter seien etwas mißgeformt und gelegentlich blasig. Auch Ryshkow (1946) kann für das von ihm angeführte Virus an Hand der wenigen Angaben eine Identität mit dem von Smith beschriebenen Erscheinungsbild nicht feststellen. Obwohl mit den veränderten

Umweltbedingungen bei einzelnen Viren die Symptomausprägung erheblich abändern kann, kann nach den Angaben von RYSHKOW die Identität meiner Isolierungen mit seinem *Malva* Virus 1 als gesichert gelten. Welcher der beiden Stämme RYSHKOW vorgelegen hat, ist aus seiner kurzen Beschreibung und aus der Abbildung nicht zu ersehen. Da es sich bei dem Malven-Virus um eine erste eingehendere Untersuchung handelt, sollen die Hauptcharakteristika noch einmal kurz zusammengefaßt werden:

Malva Virus 1 Ryshkow

Wirte:

Malvaceae: Abutilon theophrastii Medik., *Lavatera arborea* L., *Althaea officinalis* L., *Malva crispa* L., *M. verticillata* L., *M. alcea* L., *M. moschata* L., *M. silvestris* L., *M. neglecta* Wallr., *M. borealis* Wallm., *Anoda cristata* Schlechtend., *Hibiscus trionum* L.

Nichtwirte:

Malvaceae: Althaea rosea Cav. var. *nigra, Gossypium* spec. L.

Geographische Verbreitung:

Kaukasus, Ukraine, Moskau, Saaz (ČSR), Mitteldeutschland.

Symptome:

An allen anfälligen Malvaceen leuchtend gelbe bzw. hellgrüne Adernaufhellungen an den jungen Blättern frisch infizierter Pflanzen. Mit zunehmender Zeit von der Inokulation an gerechnet wird die Aufhellung breiter, diffuser und verschwindet zum größten Teil. An Freilandpflanzen bleiben unterschiedlich große Teile der Blätter fleckig aufgehellt. Die Flecke liegen zumeist den Adern an.

Übertragung:

Durch Preßsaft, durch *Myzus persicae* Sulz. (nicht-persistent). Nicht durch *Cuscuta campestris* Yunck., nicht durch den Samen und nicht durch den Boden.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Bisher nicht mit Sicherheit nachzuweisen, u. U. Beeinträchtigung des Zierwertes für Gartenmalven. Für die Futtermalve, *M. verticillata* L., keine wesentliche Minderung der Grünmassenerträge zu erwarten. Keine Beeinträchtigung des Samenansatzes.

Prämunitätsverhältnisse:

Unvollständiger Schutz bei kreuzweiser Verimpfung der beiden isolierten Stämme, da Vermehrung der Zweitinokulation möglich, symptomatologisch jedoch nicht erkennbar.

Thermale Inaktivierung:

Wahrscheinlich oberhalb 64 ° C.

Verdünnungsendpunkt:

Zwischen 1 : 100 und 1 : 500.

Alterung in vitro:

Wahrscheinlich oberhalb 120 Stunden.

Stämme:

Es wurden zwei Stämme des Virus (Gelb- und Grünstamm) isoliert, die sich in der Intensität der Symptomausprägung deutlich unterscheiden. Weitere Unterschiede in den Eigenschaften konnten mit Sicherheit nicht ermittelt werden. In das Holmessche System wäre das Virus in die Familie der *Marmoraceae* einzuordnen, und zwar in die Miscellaneous mosaic-Virus-Gruppe des Genus I *Marmor.* Als binomiale Bezeichnung wird vorgeschlagen *Marmor malvae* nov. spec., wobei der Gelbstamm als var. *chlorogenus* von dem Grünstamm, var. *vulgare,* zu unterscheiden wäre.

Zusammenfassung

An *Malva silvestris* L. und *M. neglecta* Wallr. tritt in Mitteldeutschland ein das Adernnetz aufhellendes Virus auf, das in zwei Stämmen isoliert werden konnte. Die Stämme unterscheiden sich in der Intensität der Aufhellungen. Weitere Unterschiede konnten mit Sicherheit nicht ermittelt werden. Das Virus ist identisch mit dem *Malva* Virus 1 Ryshkow. Es ist mechanisch und durch *Myzus persicae* (nicht-persistent) übertragbar. Der thermale Tötungspunkt liegt oberhalb 64 ° C, die Verdünnungsgrenze zwischen 1 : 100 und 1 : 500, die Inaktivierung bei Alterung in vitro erfolgt oberhalb 120 Stunden. Bedingt durch die Labilität des Virus und Schwierigkeiten bei der Preßsaftgewinnung infolge des Schleimgehaltes der Malven sind die festgestellten Inaktivierungsgrenzen unter Umständen noch nicht endgültig feststehend. Der Wirtspflanzenkreis ist auf die Malvaceen beschränkt. *Gossypium* spec. ist kein Wirt des Virus. Als binomiale Bezeichnung wird vorgeschlagen *Marmor malvae* nov. spec., wobei der Gelbstamm als var. *chlorogenus* von dem Grünstamm, var. *vulgare,* zu unterscheiden wäre.

Literaturverzeichnis

Die mit * versehenen Literaturstellen wurden nur im Referat eingesehen.

Bartels, W., 1955: Der gegenwärtige Stand der Forschung auf dem Gebiet der Inaktivierung pflanzenpathogener Viren, insbesondere des Tabakmosaikvirus. Phytopath. Z. **24**, 117—178.

Bawden, F. C., 1950: Plant viruses and virus diseases. Chronica Botanica Co., Waltham, Mass., 3. Aufl.

Bennett, C. W., 1953: Interaction between viruses and virus strains. Advances in virus research **1**, 39—67.

Best, R. J., 1954: Cross protection by strains of tomato spotted wilt virus and a new theory to explain it. Austral. j. biol. sci. **7**, 415—424.

*Black, L. M., Morgan, C. und Wyckoff, R. W., 1950: Visualization of tobacco mosaic virus within infected cells. Proc. soc. exp. biol. and med. **73**, 119—122.

Blattný, C., 1948: Mosaique chez *Malva neglecta* Wallr. Ochrana rostlin **21**, 83.

Börner, C., 1952: Europae centralis Aphides. Die Blattläuse Mitteleuropas. Schrift. d. Thür. Landesarbeitsgem. f. Heilpflanzenkde., Weimar, Heft 4.

Brandes, J., 1955: Elektronenmikroskopischer Nachweis von Pflanzenviren in ihren Wirtszellen. Naturwissenschaften **42**, 101.

Diachun, S., 1952: Interaction between cucumber mosaic and *Phytolacca decandra.* Phytopathology **42**, 6—7.

Doolittle, S. P. und Walker, M. N., 1924: Experiments on the control of cucurbit mosaic. Phytopathology **14**, 56.

Doolittle, S. P. und Walker, M. N., 1925: Further studies on the overwintering and dissemination of cucurbit mosaic. J. agric. res. **31**, 1—58.

Gendron, Y. und Kassanis, B., 1954: The importance of the host species in determining the action of virus inhibitors. Ann. appl. biol. **41**, 183—188.

Hamlyn, B. M. G., 1955: Aphid transmission of cauliflower mosaic of turnips. Plant pathology **4**, 13—16.

Hegi, G.: Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Hauser, München, 2. Aufl.

Hein, A., 1953: Die Bedeutung der Unkräuter für die Epidemiologie pflanzlicher Virosen. Dtsch. Landw. **4**, 521—525.

Heinze, K., 1951: Die Überträger pflanzlicher Viruskrankheiten. Mitt. B. Z. A., Heft 71.

Hoggan, I. A., 1933: Some factors involved in aphid transmission of the cucumber mosaic virus in tobacco. J. agric. res. **47**, 689—704.

van Hoof, H. A., 1954: Verschillen in de overdracht van het bloemkoolmozaiekvirus bij *Myzus persicae* Sulzer en *Brevicoryne brassicae* L. T. plantenziekten **60**, 267—272.

*Johnson, J., 27: The classification of plant viruses. Wisconsin agr. exp. stat., Res. Bull. 76

Kassanis, B., 1944: A virus attacking lettuce and dandelion. Nature **154**, 16.

Köhler, E., 1954: Pflanzenpathogene Viren. Fortschr. Bot. **15**, 476—512.

— —, 1955: Beitrag zum Prämunitätsproblem. Studien am Tabakmosaik. Phytopath. Z. **23**, 323—327.

Kunkel, L. O., 1934: Studies on acquired immunity with tobacco and aucuba mosaics. Phytopathology **24**, 437—466.

Linn, M. B., 1940: The yellows disease of lettuce and endive. Cornell univ. agr. exp. stat., Bull. 742.

Miller, P. W., 1954: Indexing strawberries infected with non-persistent viruses by use of detached leaves and aphids. Plant. dis. reptr. **38**, 568—571.

Pringsheim, H. und Krüger, D., 1932: Schleime, in Klein, G., Handbuch der Pflanzenanalyse, 3. Bd., 1. Hälfte, Spezielle Analyse II. Springer, Wien.

Rawlins, T. E. und Tompkins, C. M., 1936: Studies on the effect of carborundum as an abrasive in plant virus inoculations. Phytopathology **26**, 578—587.

Roemer, Th. und Scheffer, F., 1949: Ackerbaulehre. Parey, Berlin, 3. Aufl., S. 405.

Rüppold, H., 1954: Ein Beitrag zur Methodik der Blattlauskultur. Beitr. Entomol. **4**, 546—552.

Ryshkow, W. L., 1946: Phytopathogene Viren. Moskau (russisch), 30—31.

*Salaman, R. N., 1933: Protective inoculation against a plant virus. Nature **131**, 468.

Samuel, G., 1931: Some experiments on inoculating methods with plant viruses and on local lesions. Ann. appl. biol. **18**, 494—507.

Simons, J. N., 1955: Some plant-vector-virus relationships of southern cucumber mosaic virus. Phytopathology **45**, 217—219.

Smith, K. M., 1937: Textbook of plant virus diseases. J. und A. Churchill, Ltd. London.

Storey, H. H., 1939: Transmission of plant viruses by insects. Bot. rev. **5**, 240—272.

*Thung, T. H., 1931: Smetstof en plantencel bij enkele virusziekten van de tabaksplant. Hand. VI. Nederl.-Ind. naturwiss. congr., Bandoeng, Java, 450—463.

*Townsend, G. R., 1947: Celery mosaic in everglades. Plant dis. reptr. **31**, 118—119.

van der Want, J. P. H., 1951: Onderzoekingen over anjermozaiek II. T. plantenziekten **57**, 72—74.

Watson, M. A., 1938: Further studies on the relationship between *Hyoscyamus* virus 3 and the aphis *Myzus persicae* (Sulz.) with special reference to the effects of fasting. Proc. roy. soc., London, Ser. B, **125**, 144—170.

*— —, 1946: The transmission of beet mosaic and beet yellows viruses by aphids; a comparative study of a non-persistent and a persistent virus having host plants and vectors in common. Proc. roy. soc., London, Ser. B, **133**, 200—219.

— — und Roberts, F. M., 1939: A comparative study of the transmission of *Hyoscyamus* virus 3, potato virus Y, and cucumber virus 1 by the vectors *Myzus persicae* (Sulz.), *M. circumflexus* (Buckton) and *Macrosiphum gei* (Koch). Proc. roy. soc., London, Ser. B, **127**, 543—576.

Wellman, F. L., 1937: Control of southern celery mosaic in Florida by removing weeds that serve as sources of mosaic infection. U. S. dep. agric., Techn. Bull. 548.

Besprechungen

Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Begr. von PAUL SORAUER. In 6 Bänden herausgegeben von OTTO APPEL †, HANS BLUNCK und HARALD RICHTER. Band 5, Tierische Schädlinge an Nutzpflanzen 2. Teil, 5. Aufl., 3. Lief.: *Heteroptera, Homoptera,* I. Teil. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg 1956. 408 Seiten, 128 Abb. Ganzleinen DM 94,—.

In der bekannten vorzüglichen Ausstattung liegt nunmehr die dritte Lieferung der tierischen Schädlinge vor. Trotz ihres erheblichen Umfanges enthält sie nur einen Teil der Rhynchoten, in dem die *Heteropteren* (Wanzen) von E. OTTEN und der erste Teil der *Homopteren* (Zikaden, Blattflöhe und Mottenschildläuse) von H. J. MÖLLER bearbeitet wurden. Den Autoren gebührt unsere Anerkennung, daß sie die Literatur bis zum Jahre 1953 fast vollständig und darüber hinaus noch neuere Arbeiten erfaßt haben. Die ausgezeichnete systematische Bearbeitung führte zu zahlreichen Namensänderungen bekannter Schädlinge, die bedauerlicherweise durch die herrschenden Nomenklaturbestimmungen bedingt sind. Neben den biologischen Daten wird ein Überblick über die geographische Verbreitung der Arten und ihre Schadwirkung an Kulturpflanzen gegeben. Diese bestehen in mehr oder weniger starken physiologischen Störungen, als direkte Folge der Saugtätigkeit. Größere wirtschaftliche Bedeutung besitzen die Arten, die als Vektoren von Mykosen, Bakteriosen oder Virosen bekannt sind. Besonders hervorzuheben ist die Berücksichtigung der Räuber und Schmarotzer, die als Gegenspieler der einzelnen Schädlinge von Bedeutung sind. Neben den Kulturmaßnahmen sind vor allem die chemischen Mittel genannt, über die praktische Erfahrungen in der Bekämpfung vorliegen. Leider sind unter ihnen auch solche genannt, die als technisch überholt anzusehen sind.

Die *Homopteren* werden durch einen vorzüglich bearbeiteten allgemeinen Teil eingeleitet, der bei den *Hemipteren* vermißt wird. Er enthält neben biologischen und phytopathologischen Angaben Hinweise auf moderne Bekämpfungsverfahren, die in der speziellen Bearbeitung nicht gebracht werden konnten.

Bei dem stetig wachsenden Umfang der Fachliteratur ist die Herausgabe eines bewertenden, kritischen Handbuches nur sehr schwer durchführbar. Da ein vollständiger Überblick nicht mehr gegeben werden kann, sollte man der stofflichen Bearbeitung eine gewisse Grenze setzen. Naturgemäß erwartet der Leser in diesem Handbuch eine Zusammenstellung aller Arten, die entweder von besonderem pflanzenpathologischen Interesse sind oder wirtschaftliche Bedeutung aufweisen. So erscheint es überflüssig, unter den *Piesmiden,* um nur ein Beispiel zu nennen, neben der wichtigen Art *quadrata* auch *capitata* und *maculata* besonders zu nennen, deren Bedeutung nur darin besteht, daß sie die Kräuselkrankheit der Rüben n i c h t übertragen, während bei der Art *cinerea* der gleichen Gattung ein Hinweis auf die Übertragung des *Beta-Virus* 5 vermißt wird. Auch sollte man unbestimmte Arten, von denen 45 (!) meist nur mit Angabe der Wirtspflanze und des Landes aufgezählt sind, nicht in einem Handbuch aufnehmen.

In dieser Lieferung wurde eine redaktionelle Änderung eingeführt, für die der Leser dem Herausgeber dankbar ist. Während bei den *Heteropteren* die umfangreiche, 33 Seiten umfassende Literaturübersicht die Gesamtbearbeitung abschließt, ist bei den *Homopteren* die Literatur abschnittsweise hinter größeren Kapiteln zusammengefaßt. Außerdem sind die Leitziffern mit auffallenden Markierungen versehen, so daß ihr Auffinden wesentlich erleichtert wird.

Unbeeinflußt von dem Gesagten ist die Arbeit der Autoren und des Herausgebers dankbar anzuerkennen, die ein für jeden Phytopathologen unentbehrliches Werk geschaffen haben. Bei dem hohen Preis werden aber wohl nur Institute und Bibliotheken in der Lage sein, das Buch zu erwerben.

K. Mayer, Berlin-Dahlem

Mühle, E., Rostpilze. Verlag A. Ziemsen, Wittenberg 1956. 39 Seiten mit 38 Abbildungen. Neue Brehm-Bücherei Nr. 172. Preis DM 2,25.

Innerhalb der „Neuen Brehm-Bücherei" sind die „Rostpilze" außer dem „Mutterkorn" das bisher einzige und daher sehr begrüßenswerte Heft, das phytopathogene Pflanzen behandelt. In einer glücklichen Mischung von wissenschaftlicher Treue und interessanter allgemeinverständlicher Schilderung wird ein allgemeiner (auch systematischer) Überblick über die Rostpilze gegeben und an Hand wirtschaftlich wichtiger, gut illustrierter Beispiele das Charakteristische dieser Pilzgruppe aufgezeigt. Zu bemängeln wäre lediglich die Bezeichnung „Spermogonium" für Pyknidium, da in diesem nicht nur die Pyknosporenträger, sondern auch die flexiblen Hyphen gebildet werden.

E. Fuchs, Braunschweig

Krankheiten und Schädlinge der Zierpflanzen
und ihre Bekämpfung

Von Ob.-Reg.-Rat Dr. H. PAPE
Mitglied der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Vorsteher des Laboratoriums für gärtnerischen Pflanzenbau, Kiel-Kitzeberg

4., neubearbeitete und erweiterte Auflage

1955. 567 Seiten mit 474 Textabbildungen und 4 Farbtafeln. In Ganzleinen DM 53,80

Die Neuauflage dieses bekannten Werkes unterrichtet zuverlässig über Ursachen, Verhütung und Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen der Zierpflanzen im Gewächshaus und im Freiland. Der übersichtlich gegliederte Text in Verbindung mit zahlreichen Abbildungen und vier sehr eindrucksvollen Farbtafeln ermöglicht ein schnelles Erkennen und die sichere Diagnose jeder auftretenden Krankheit. Das internationale Schrifttum wurde ebenso berücksichtigt wie die letzten Erkenntnisse und Erfahrungen der Forschung, Industrie und Praxis im In- und Ausland.

„Papes Buch ist viel zu bekannt und bewährt, als daß es einer besonderen Empfehlung bedürfte. Es gehört zum klassischen Bestand nicht nur der deutschen, sondern der internationalen Literatur." Angewandte Botanik

Krankheiten und Schädlinge im Gemüsebau
und ihre Bekämpfung

Von Prof. Dr. W. KOTTE, Freiburg i. Br.

2., neubearbeitete Auflage 1952. 288 Seiten mit 186 Abbildungen und 8 Farbtafeln, kart. DM 24,—, Ganzleinen DM 27,—

Das Buch des als Wissenschaftler und Praktiker bekannten Autors vermittelt in seiner neuen Auflage in erweiterter Form das notwendige Wissen zur Erkennung und Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen in den Gemüsekulturen. Die durch die neuzeitlichen Insektengifte und technischen Geräte eröffneten Möglichkeiten werden in ihrer überragenden Bedeutung eingehend gewürdigt. Gute, instruktive Abbildungen werden jedem Gemüsebauer eine wertvolle Hilfe beim Erkennen von Schädigungen sein.

„Der fortschrittliche Gemüsebauer sollte das Buch stets zur Hand haben; es kann ihn vor manchem Mißerfolg schützen." Württ. Wochenblatt für Landwirtschaft

VERLAG PAUL PAREY / BERLIN UND HAMBURG

Jetzt liegt vollständig vor:

PAREYS ILLUSTRIERTES GARTENBAULEXIKON

Fünfte, völlig neubearbeitete Auflage 1955/56

Unter Mitwirkung zahlreicher namhafter Fachleute des gärtnerischen Berufsstandes aus dem In- und Auslande herausgegeben von

Professor RICHARD MAATSCH

Direktor des Instituts für Zierpflanzenbau in Hannover

Zwei Bände A—K und L—Z im großen Lexikonformat mit zusammen 1380 Seiten und 1373 Abbildungen, ganz auf Kunstdruckpapier

Preis: In Ganzleinen DM 162,—, in Halbleder DM 169,—
Teilzahlungspreis DM 178,— bzw. DM 186,—

Pareys Illustriertes Gartenbaulexikon ist in seiner Neuauflage ein auf der Höhe seiner Zeit stehendes, reich illustriertes und auf das beste ausgestattetes Nachschlagewerk über alle Fragen des Gartenbaues. Sämtliche mit dem Gartenbau zusammenhängenden Gebiete werden von maßgeblichen Fachleuten in prägnanter Kürze, aber doch so erschöpfend behandelt, daß Wissenschaft und Praxis aus der Benutzung wertvolle Anregung und Gewinn ziehen können.

„... Zur rechten Zeit erscheint dieses zweibändige Gartenbaulexikon, das bestimmt und hervorragend geeignet ist, täglicher Berater und Helfer zu sein. Es gibt unter dem alphabetisch geordneten Stichwort auf jede wichtige Frage Auskunft, die die tägliche Berufsarbeit, jede neue Gartenplanung, jede Neupflanzung, ja selbst jeder Strauß im eigenen Heim stellen. Mit dem hohen Stand und der wissenschaftlichen Zuverlässigkeit des Inhaltes, für den der große Stab namhafter Fachleute mit dem Herausgeber, Prof. RICHARD MAATSCH, an der Spitze, Gewähr bietet, verbindet das Lexikon eine dem Verlag Paul Parey eigene, hervorragende Ausstattung mit einem vorzüglichen und reichhaltigen Bildmaterial."

Agrarbibliographie

VERLAG PAUL PAREY / BERLIN UND HAMBURG

Verlag: Paul Parey, (1) Berlin SW 68, Lindenstr. 44-47, Tel. 61 44 68/69. Herausgeber: Prof. Dr. E. Gäumann, Zürich 6, Universitätsstr. 2, Prof. Dr. M. Klinkowski, Aschersleben, Ermslebener Str. 52, und Prof. Dr. H. Richter, Berlin-Dahlem, Königin-Luise-Straße 19. Printed in Germany. Druck von A. W. Hayn's Erben, Berlin SO 36. **Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des auszugsweisen Nachdrucks und der photomechanischen Wiedergabe vorbehalten.** **— Erscheinungsweise: Jährlich etwa 10—12 Hefte (4 Hefte = 1 Band).**